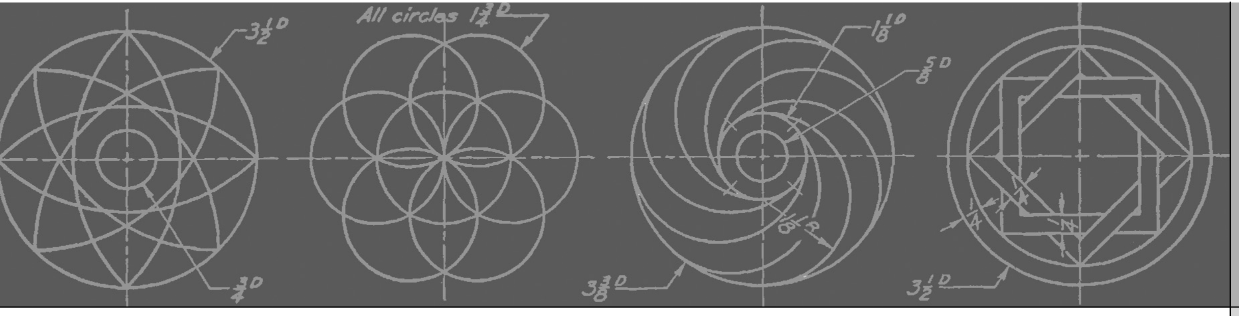

TOP
GROOVES
Dibujo y comunicación gráfica
TERCERA EDICIÓN
GIESECKE
MITCHELL • SPENCER
HILL • DYGDON • NOVAK
LOCKHART
PEARSON
Prentice Hall



DIBUJO Y COMUNICACIÓN GRÁFICA

Tercera edición

FREDERICK E. GIESECKE

ALVA MITCHELL

HENRY CECIL SPENCER

IVAN LEROY HILL

JOHN THOMAS DYGDON

JAMES E. NOVAK

SHAWNA LOCKHART
Universidad de Montana

TRADUCCIÓN
JESÚS ELMER MURRIETA MURRIETA
Ingeniero Industrial

REVISIÓN TÉCNICA

MIGUEL ÁNGEL HERRERA DOMÍNGUEZ
Jefe de Área de Ingeniería Mecánica y en Sistemas Energéticos
Escuela de Ingeniería
Universidad LaSalle

JAIME MARTÍNEZ MARTÍNEZ
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México

CARLOS ALBERTO PINEDA FIGUEROA
Coordinador de Dibujo
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México

MARÍA TERESA CEDILLO SALAZAR
IRIS N. MÉNDEZ CAVAZOS
TOMÁS NORBERTO MARTÍNEZ PÉREZ
JESÚS ESCAMILLA ISLAS
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Autónoma de Nuevo León



México • Argentina • Brasil • Colombia • Costa Rica • Chile • Ecuador
España • Guatemala • Panamá • Perú • Puerto Rico • Uruguay • Venezuela

Datos de catalogación bibliográfica

GIESECKE, FREDERICK E.; y cols.

Dibujo y comunicación gráfica 3a. ed.

PEARSON EDUCACIÓN, México, 2006

ISBN: 970-26-0811-2

Formato: 20 × 25.5 cm Páginas: 680

Authorized translation from the English language edition, entitled *Modern graphics communication* by *Frederick E. Giesecke, et al,* published by Pearson Education, Inc., publishing as PRENTICE HALL, INC., Copyright ©2006. All rights reserved.
ISBN 0131415166

Traducción autorizada de la edición en idioma inglés, *Modern graphics communication* por *Frederick E. Giesecke, et al,* publicada por Pearson Education, Inc., publicada como PRENTICE-HALL INC., Copyright ©2006. Todos los derechos reservados.

Esta edición en español es la única autorizada.

Edición en español
Editor: Pablo Miguel Guerrero Rosas
e-mail: pablo.guerrero@pearsoned.com
Editor de desarrollo: Bernardino Gutiérrez Hernández
Supervisor de producción: Rodrigo Romero Villalobos

Edición en inglés
Vice President and Editorial Director, ECS: *Marcia Horton*
Vice President and Director of Production and Manufacturing, ESM: *David W. Riccardi*
Executive Editor: *Eric Svendsen*
Associate Editor: *Dee Bernhard*
Editorial Assistant: *Brian Hoehl*
Executive Managing Editor: *Vince O'Brien*
Managing Editor: *David A. George*
Production Editor: *Rose Kernan*
Director of Creative Services: *Paul Belfanti*
Manager of Electronic Composition and Digital Content: *Jim Sullivan*
Assistant Manager of Electronic Composition and Digital Content: *Allyson Graesser*
Creative Director: *Carole Anson*
Art Director: *Kenny Beck*
Assistant to Art Director: *Dina Curro*
Cover Designer: *Suzzanne Behnke*
Electronic Composition: *Karen Stephens and Beth Gschwind*
Art Editor: *Xiaohong Zhu*
Manufacturing Manager: *Trudy Pisciotti*
Manufacturing Buyer: *Lisa McDowell*
Senior Marketing Manager: *Holly Stark*

TERCERA EDICIÓN, 2006

Atlacomulco 500-5to. piso
Industrial Atoto
53519 Naucalpan de Juárez, Edo. de México
E-mail: editorial.universidades@pearsoned.com

Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana Reg. Núm. 1031



ISBN **970-26-0811-2**

Impreso en México. *Printed in Mexico.*
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - 09 08 07 06

Contenido Breve

Contenido

Prefacio

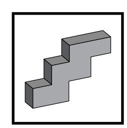
■ ACERCA DEL LIBRO

Dibujo y comunicación gráfica ha sido diseñado para presentar de manera precisa las prácticas y técnicas de bosquejo, visualización, diseño y CAD que son importantes para la capacitación actual en representación gráfica. Este libro se basa en un texto, del mismo autor, que goza de gran reconocimiento en la materia: ***Technical Drawing,*** y conserva muchas de las técnicas probadas a través del tiempo que aún son fundamentales para este tipo de cursos, y que se explicaron con mucha claridad en ese texto. Sin embargo, este libro fue reescrito para proporcionar una presentación más concisa y real de las tendencias actuales y se basa en métodos pedagógicos adecuados para el estudioso moderno. Este libro se enfoca de manera primordial en los temas de bosquejo y aptitudes de visualización, y proporciona una sólida base conceptual para las enseñanzas de CAD que reciben la mayoría de los estudiosos de técnicas de representación gráfica. Se ha utilizado un nuevo formato que utiliza actividades integradas para ayudar al lector a visualizar y retener conceptos importantes, mediante la unificación de las figuras y el texto con herramientas de instrucción de fácil comprensión. Los lectores que estudien ***Dibujo y comunicación gráfica*** obtendrán un repertorio completo de técnicas sobre la materia que les resultarán invaluables en los ámbitos educativo e industrial.

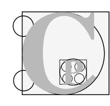
■ ELEMENTOS IMPORTANTES

La tercera edición de este texto se basa en las experiencias obtenidas por los usuarios y de la opinión de los revisores de la primera y segunda ediciones. Los nuevos elementos incluyen:

- Mayor cobertura del modelado sólido y consolidación de los temas en el capítulo 2.
- Nuevas capturas de pantalla e ilustraciones que reflejan nuevas tecnologías gráficas.
- *Nuevo inserto a todo color* que incluye figuras instructivas clásicas de Giesecke.
- Actualización conforme a los estándares publicados más recientemente para ASME Y14.6-2001 (de representación de roscas de tornillo), ASME Y14.100-2000 (de prácticas de dibujo en ingeniería), ASME Y14.24-1999 (de los tipos y aplicaciones de dibujos en ingeniería), ASME Y14.38-1999 (de abreviaturas y siglas).
- *Mayor cobertura del proceso de diseño en el capítulo 1.* Proyectos de diseño para el lector incorporados en cada capítulo.
- *Más problemas* en casi todos los capítulos.
- *Más vínculos Web*, los cuales aparecen en negritas para identificarlos con mayor claridad.
- *Hojas de trabajo* para bosquejos incluidas al final del libro que hacen énfasis en las técnicas de bosquejo.
- Material completamente actualizado sobre manufactura y tolerancia geométrica (un agradecimiento muy especial a Serope Kalpakjian por su ayuda en estas secciones).
- *Animaciones actualizadas para usuarios* se localizan en el sitio Web de este libro (**www.pearsoneducacion.net/giesecke**). Los conceptos acompañados con animaciones se marcan con el icono WWW .
- *Énfasis continuo en bosquejo, visualización, diseño y CAD,* en lugar de contenido excesivo sobre uso de instrumentos.
- *Desarrollo constante de una pedagogía* para el lector diseñada para integrar las figuras y el texto en unidades de enseñanza completas. Estas características incluyen:



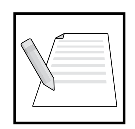
PASO A PASO Estos cuadros explican con detalles, mediante un formato visual fácil de leer, técnicas y procesos esenciales. Se trata de herramientas de aprendizaje vitales que deben recibir la misma atención que el cuerpo del texto.



CONSEJO PRÁCTICO Estos cuadros contienen consejos útiles de las técnicas de bosquejo o los procedimientos de CAD.



MANOS A LA OBRA Esta característica proporciona una oportunidad para que el lector practique una técnica que acaba de aprender al realizar una actividad fácil y rápida en la misma página. Estas actividades ayudan a adquirir una gran confianza.



HOJAS DE TRABAJO DESPRENDIBLES Dieciséis actividades que ayudan a los usuarios a visualizar y retener información presentada en el texto. Todas éstas se localizan al final del libro.



NOTA SOBRE GRÁFICOS Cuadros que destacan información actualizada sobre la manera en que los gráficos y el CAD deben usarse en el campo. Aparecen en cada capítulo e incluyen los siguientes temas:

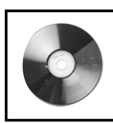
Un día en Ideo U
Revelación del poder del modelado sólido
Bosquejo y modelado paramétrico
Del arte a la parte
Proyección de vistas múltiples a partir de un modelo tridimensional
Dibujos realizados en forma tridimensional como ayuda a los diseñadores de automóviles eléctricos del futuro
Modelado de superficies irregulares
La alta tecnología es la clave en la carrera por la copa de América
Fábrica digital: planeación rápida de la producción
Ingeniería inversa, el bote salvavidas de la NASA en la era espacial
Dimensionamiento semiautomático mediante CAD
Tolerancias geométricas con AutoCAD 2004
Bibliotecas de sujetadores
Sistemas de administración de documentos técnicos



LIGAS WEB Se incluyen direcciones de sitios Web para proporcionar puntos de partida en la investigación independiente que concuerda con el tema en análisis.

- Cada capítulo contiene un *panorama, objetivos, palabras clave,* un *resumen del capítulo* y *preguntas de repaso* para ayudar a los usuarios a organizar su lectura y a revisar lo que han aprendido.
- Los *proyectos de diseño* y *problemas* proporcionan un contexto amplio para que los lectores practiquen la resolución de problemas gráficos. Éstos se ubican al final de cada capítulo.
- Un *índice y un apéndice muy completos* proporcionan herramientas de referencia de fácil acceso que resultarán útiles a los usuarios durante el curso y en situaciones de trabajo.

■ COMPLEMENTOS



MANUAL DEL INSTRUCTOR CON CD-ROM QUE INCLUYE SOLUCIONES Y DIAPOSITIVAS EN POWERPOINT

Este texto incluye su propia guía para instructores con soluciones a preguntas de revisión y consejos de enseñanza para cada capítulo. También contiene un CD que incluye 1) animaciones, 2) diapositivas, 3) soluciones en CAD para la mayoría de los problemas del texto y 4) selecciones del texto en formato pdf. El material para este complemento se encuentra en idioma inglés y fue preparado por Tom Kane, de Pueblo Community College, Shawna Lockhart, W. Mark Perkins de Montana State University-Bozeman y Gerry Bacza de Fairmont State University. Para tener acceso a estos apoyos didácticos, contacte a su representante local de Pearson Educación.

www.pearsoneducacion.net/giesecke

Con el fin de proporcionar a los usuarios la mayor información actual posible, se ha creado el sitio Web del libro. Este sitio contiene información apropiada para la serie completa de textos de Giesecke. Existen cuarenta animaciones (veinticinco de éstas vinculadas en forma directa al texto) que pueden consultarse en línea o bajarse a una computadora o red local. Una sección de preguntas y respuestas permite a los lectores enviar las respuestas por correo electrónico. También se incluyen capítulos de referencia sobre gráficos, esquemas de alineación, ecuaciones empíricas y matemáticas gráficas, y una sección de dibujos electrónicos: una nueva tecnología de modelado sólido que permite al usuario ver, rotar, y hacer anotaciones en modelos sólidos sin ningún software especial. Como una ayuda para que los lectores naveguen en Web, se proporciona un extenso conjunto de vínculos que incluye todas las citas mencionadas en el texto de este libro.

■ RECONOCIMIENTOS

Deseamos agradecer a Frederick E. Giesecke, Alva Mitchell, Henry Cecil Spencer, Ivan Leroy Hill, John Thomas Dygdon y James E. Novak por su importante trabajo en la creación de la base de este texto. Hemos valorado las series de Giesecke por años y estuvimos felices de tener la oportunidad de trabajar con este excelente material.

También nos gustaría agradecer a los revisores cuyas sugerencias han servido como guía para esta edición.

Revisores de la tercera edición
Karen L. Coen-Brown—University of Nebraska, Lincoln
Randy Kopf—Kellogg Community College
Mark Hill—Ferris State University
Chris Merrill—Illinois State University
Dan Hiett—Shoreline Community College
Kathryn Holliday-Darr—Penn State, Erie
Lee Reynolds—Texas Tech University
Dean Jensen—Oregon State University
Tim Veteto—Lower Columbia College

Revisores de la segunda edición
Jerrar Andon—University of California-Santa Barbara
Marvin Bollman—Milwaukee School of Engineering
Dr. Ryan Keith Brown—Illinois State University
Karen Coen-Brown—University of Nebraska-Lincoln
Paige R. Davis—Louisiana State University
Kathy Holliday-Darr—Penn State University-Erie
Mary A. Jasper—Mississippi State University
John P. Marchand—Wentworth Institute of Technology
Howard L. Reynolds—Texas Tech University
Emerald Roider—Louisiana State University
Keith Stansbury—Clark College
Scott Tolbert—University of North Dakota

Revisores de la primera edición
Abdul B. Sadat—California Polytechnic Institute at Pomona
Carol L. Hoffman—University of Alabama
Jim Hardell—Virginia Tech
Karla D. Kalasz—Washington State University
Tim Hogue—Oklahoma University
Michael Pleck—University of Illinois
Nick DiPirro—SUNY Buffalo
Dan Hiett—Shoreline Community College
Tom Sawasky—Oakland Community College
Dennis Lambert—Georgia Southern University
Hank Metcalf—University of Maine
Julia Jones—University of Washington
Fred Brasfield—Tarrant County Junior College

También agradecemos a las siguientes compañías que ayudaron con ilustraciones, recomendaciones y su interés en el proyecto: Bridgeport Machines, Intel, Logitech, Inc., Chartpak, Ritter Manufacturing y Autodesk.

Shawna Lockhart y Marla Goodman desean hacer extensivo su agradecimiento especial a Gene y Cecilia Goodman, Catey Lockhart, Nick Lockhart, Todd Radel, Wren Goodman y Billy Ray Harvey por su apoyo y asistencia.

Capítulo 1

Diseño y comunicación gráfica

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Definir los diferentes tipos de diseño.**
2. **Definir qué es diseño ingenieril y determinar cómo los objetivos y la motivación apropiados pueden convertir a cualquier persona en un buen diseñador.**
3. **Describir el papel del ingeniero en un equipo de diseño.**
4. **Analizar las distintas fuentes de donde surgen las ideas de diseño, tanto para un diseñador individual como para un equipo.**
5. **Describir las etapas del proceso de diseño.**
6. **Utilizar un estudio de caso para ilustrar cada etapa del proceso de diseño.**
7. **Explicar por qué son importantes los estándares.**
8. **Identificar ejemplos de proyección paralela y perspectiva.**
9. **Definir *plano de proyección* y *proyectores*.**
10. **Identificar los usos de los gráficos técnicos.**
11. **Elaborar diagramas que muestren los pasos del proceso de diseño.**
12. **Crear ejemplos de cada etapa del proceso de diseño.**

PANORAMA

Antes de que una estructura o sistema pueda convertirse en realidad, ésta debe existir en la mente del ingeniero o diseñador. El proceso de diseño es un esfuerzo excitante y desafiante durante el cual el ingeniero o diseñador emplea gráficos como medio para crear, registrar, analizar y comunicar conceptos o ideas de diseño.

Todos los integrantes del equipo de diseño e ingeniería deben ser capaces de comunicarse con rapidez y exactitud para competir en el mercado mundial. De la misma forma que los carpinteros deben aprender a utilizar las herramientas de su oficio, los ingenieros, diseñadores y dibujantes deben conocer el uso de herramientas del dibujo técnico. El equipo avanza a través de cinco etapas en el proceso de diseño; para funcionar correctamente dentro del equipo, cada quien debe entender el proceso y conocer su papel.

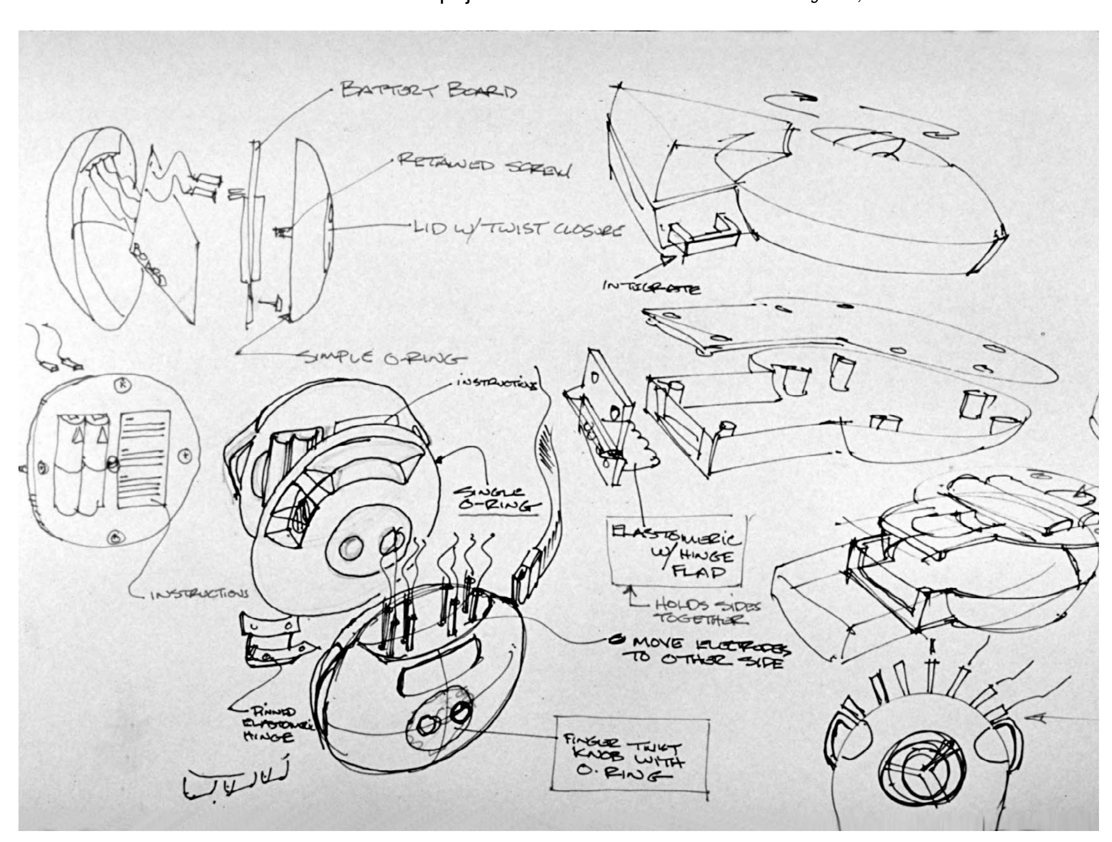
Aunque para muchos equipos de diseño el CAD (Dibujo asistido por computadora) ha reemplazado a las herramientas tradicionales de dibujo, los conceptos básicos permanecen sin cambio. La capacidad de comunicar mediante el uso de gráficos es muy valiosa para los estudiantes y sus futuros empleadores.

■ INTRODUCCIÓN

Para el proceso del desarrollo de una nueva máquina, estructura o sistema, o al realizar alguna mejora a un sistema existente, el concepto debe existir en la mente del diseñador antes de convertirse en realidad. En la profesión de ingeniería para un diseño es frecuente la necesidad de bosquejos hechos a mano, como el que se muestra en la figura 1.1.

Para transformar una idea en un proyecto terminado es necesario crear bosquejos, calcular tensiones, analizar movimientos y tamaños de las partes, especificar materiales y métodos de producción, y hacer esquemas de diseño. También se requiere saber cómo preparar los dibujos con las especificaciones que controlarán los numerosos detalles de la fabricación, el ensamblaje y el mantenimiento del producto. Para realizar o supervisar todas estas tareas, es necesario usar bosquejos hechos a mano para registrar y comunicar ideas con rapidez. La facilidad de realizar bosquejos a mano y la capacidad de trabajar con técnicas de

■ **FIGURA 1.1** ■ Bosquejo de una idea inicial. *Cortesía de Ratio Design Lab, Inc.*



dibujo en computadora requieren del conocimiento de ***estándares*** para la comunicación gráfica. Todo profesionista que usa una computadora para dibujar y diseñar el trabajo también necesita saber cómo crear e interpretar dibujos.

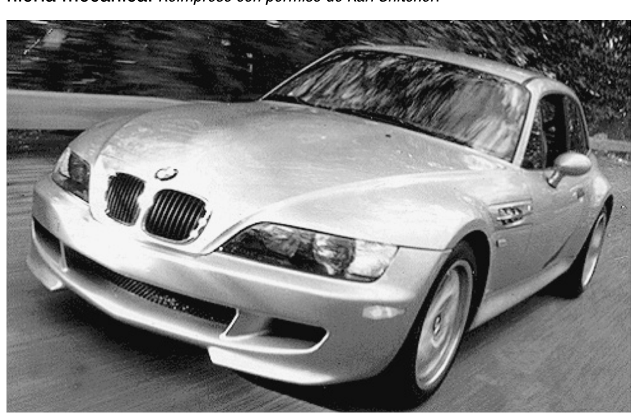
1.1 ■ DISEÑO INGENIERIL

El diseño ingenieril es un proceso que requiere un entendimiento claro de la función y el desempeño esperado del producto final. Es un modo de concebir ideas para comunicarlas a otras personas de manera que puedan entenderlas fácilmente. Esto se logra con mayor eficiencia mediante el uso de gráficos. El diseño puede usarse para reflejar expresiones personales o mejorar el desarrollo de un producto. Este reflejo de la expresión personal casi siempre se refiere a un *diseño estético*, mientras que la mejora del desarrollo de un producto se considera un *diseño funcional*. La estética y la funcionalidad pueden trabajar juntas para crear un producto que no sólo sea atractivo para los sentidos, sino que también satisfaga demandas específicas. Un automóvil bien diseñado es un buen ejemplo de cómo la estética y la funcionalidad pueden trabajar juntas. (Vea la figura 1.2).

El diseño ingenieril también se usa para satisfacer necesidades, deseos y resolver problemas de la sociedad a través de la aplicación de principios científicos, experiencia y creatividad. Algunas personas son creativas y tienen un don natural, pero cualquiera puede convertirse en un diseñador si aprende a usar las herramientas y técnicas adecuadas involucradas en el proceso de diseño. Convertirse en diseñador es muy parecido a aprender a tocar un instrumento musical: algunas personas son mejores que las demás, pero todos pueden aprender a tocar si conocen los pasos involucrados.

Dos elementos clave para elaborar un plan de diseño exitoso son tener la *motivación* adecuada y establecer los *objetivos* del plan. El diseño es la actividad individual más importante que los ingenieros practican. El diseño distingue a la ingeniería del resto de las disciplinas científicas y tecnológicas porque consiste en la aplicación de ellas para crear soluciones. La motivación en cualquier plan de diseño debe ser la creación de una solución eficiente a cualquier problema dado. El enunciado del objetivo proporciona un marco de trabajo dentro del cual el problema de diseño puede ser abordado en forma metódica. La planeación y programación adecuadas también son claves para los diseños exitosos. Resulta imperativo establecer una fecha límite para la consecución de cada fase del diseño. En la sección 1.3 se analizan con mayor detalle los pasos del proceso de diseño.

■ FIGURA 1.2 ■ El diseño estético y el diseño funcional se combinan para darle a este automóvil deportivo no sólo una apariencia elegante, sino también una gran velocidad. Además de ser agradable a la vista, este auto es el producto máximo de la aerodinámica y la ingeniería mecánica. *Reimpreso con permiso de Karl Snitcher.*



1.2 ■ CONCEPTOS DE DISEÑO: FUENTES PARA IDEAS NUEVAS

TÉCNICAS DE CREATIVIDAD INDIVIDUAL Por lo general, las ideas o conceptos de diseño nuevos comienzan en la mente de un solo individuo: el diseñador. Pero, ¿cómo se hace para desarrollar ideas innovadoras? Existe un viejo dicho en ingeniería:

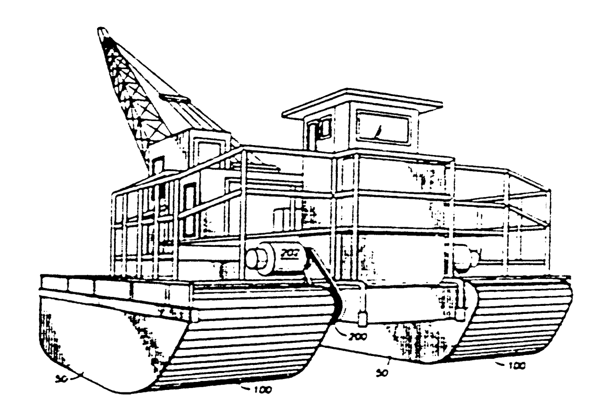
"Pidiendo prestado se logran buenos diseños; robando, se obtienen diseños geniales"

En diseño es muy recomendable copiar las buenas ideas. Se incentiva a los estudiantes a aprender no sólo de productos existentes y de sus compañeros de clase, sino también a estudiar catálogos, patentes de fabricantes y a la naturaleza.

Vea catálogos industriales y manuales de diseños existentes. Piense en formas en las que estos diseños existentes pueden usarse o modificarse para funcionar en su plan de diseño. Manipúlelos por medio de bosquejos hechos a mano o a través del uso de software de computadora (CAD).

ESTUDIE DIBUJOS DE PATENTE. (VEA LA FIGURA 1.3) Los gobiernos nacionales otorgan una patente para garantizar al ti-

■ FIGURA 1.3 ■ Dibujo de patente.



tular de la misma el "derecho a excluir a otros la fabricación, utilización o venta" de un producto específico. En principio, el proceso de patente fue desarrollado para divulgar avances técnicos mediante el otorgamiento de un periodo limitado de protección (una patente se otorga por 17 años). La oficina de patentes y marcas registradas de Estados Unidos tiene reglas muy estrictas para la presentación de materiales (no se aceptan bosquejos hechos a mano, y todos los dibujos de patentes deben hacerse con instrumentos de dibujo o mediante un proceso que los haga fácilmente reproducibles). No es posible usar o copiar ninguna de las patentes existentes, pero éstas pueden ser una gran fuente de inspiración. Por lo tanto, las oficinas de patentes nacionales pueden ser un recurso valioso en la búsqueda de ideas de diseño. (Los dibujos de patente se analizan en la sección 13.17).

EXAMINE PRODUCTOS FABRICADOS Desármelos, evalúelos y estudie cómo están diseñadas sus partes para trabajar juntas; esto se conoce como *ingeniería inversa*. La ingeniería inversa sofisticada puede involucrar la evaluación de un producto mediante el uso de una máquina llamada *máquina medidora de coordenadas* (MMC). (Vea la figura 1.4). La máquina es un dispositivo electromecánico que mide el objeto con una sonda y guarda en una base de datos la información pertinente obtenida. Aunque es difícil tener acceso a esta tecnología, examine y analice con sus propios medios los productos fabricados que estén a su alcance. Piense en formas de mejorar o cambiar estos diseños existentes. ¿Dónde podrían mejorarse? ¿Qué haría usted de manera diferente de este producto?.

■ **FIGURA 1.4** ■ Máquina medidora de coordenadas (MMC). Se utiliza para medir una parte en forma precisa con el fin de realizar ingeniería inversa o control de calidad. *Cortesía de Brown and Sharpe, Inc.*





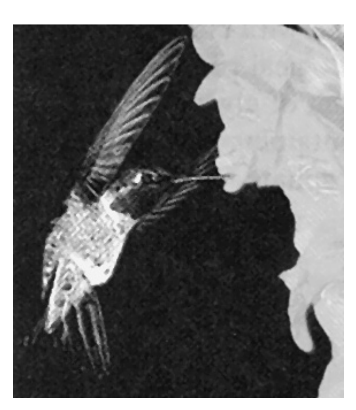
■ **FIGURA 1.5** ■ El estudio de diseños de la naturaleza, como esta telaraña, puede proporcionar información e ideas nuevas al diseñador. *Cortesía de Peter Arnoid, Inc.*

Estudie un producto que ya no funcione de acuerdo con los estándares existentes o actualizados del fabricante y divídalo en sus componentes: esto se conoce como *descomposición funcional*. ¿Cómo podría expandirse o cambiarse el diseño para garantizar un mejor desempeño? ¿Qué podría hacerse para expandir la vida del producto? ¿Cómo podría volverse más eficiente? ¿Cómo podría tener una mayor eficacia de costo?

ESTUDIE LA NATURALEZA Si observa la forma en que otras criaturas interactúan con su entorno puede obtener mucha información. Cosas como los panales de abejas o las telarañas son obras maestras del diseño estructural; las alas de un colibrí son maravillas aerodinámicas. (Vea las figuras 1.5 y 1.6) Estúdielas y extienda sus observaciones a otros diseños.

Utilice todo el hardware y software disponible. En los años recientes han surgido muchos programas de animación y CAD. Aunque no tenga los recursos necesarios

■ **FIGURA 1.6** ■ Las alas de un colibrí son maravillas aerodinámicas. El estudio de estos diseños en la naturaleza puede ser instructivo para cualquier diseñador. *Cortesía de Photo Researchers, Inc.*





Cada vez que localice una liga de Web útil en este texto, use la selección de Bookmarks o Favoritos en su explorador para construir una lista de recursos de ingeniería en la red fáciles de localizar.

para invertir en todos los nuevos programas de software, asegúrese de utilizar aquellos a los que tenga fácil acceso.



En la Red existen excelentes recursos para la ingeniería y el diseño. Busque términos como diseño, ingeniería, tecnología u otros términos más específicos de acuerdo con sus intereses. Los siguientes sitios Web son útiles para el diseño ingenieril:

- **http://www.yahoo.com/headlines/**
  Sitio de Yahoo donde se presentan las noticias de tecnología más recientes y un archivo semanal.
- **http://www.techweb.com/**
  Sitio Tech Web de medios CPM.
- **http://www.uspto.gov/**
  Sitio de búsqueda en línea de la oficina de patentes de Estados Unidos.
- **http://muse.jhu.edu**
  Proyecto MUSE de revistas escolares en línea. (Puede requerirse una suscripción).

Con el uso de las técnicas expuestas con anterioridad (vea la figura 1.7), usted debería tener unas cuantas ideas de dónde comenzar. Utilice bosquejos hechos a mano para capturar, preservar y desarrollar sus ideas. Estos bocetos son modificados o redibujados conforme se desarrolla el concepto. Todos los bosquejos deben conservarse como referencia y establecer la fecha de su elaboración como un registro del desarrollo del diseño.

CREATIVIDAD Y EQUIPO DE TRABAJO La mayoría de las compañías exitosas cuentan con un proceso de diseño bien organizado que utiliza equipos de personas que tienen distintas habilidades. Los equipos de diseño pueden estar compuestos por personas expertas en áreas como mercadotecnia, producción y ciencia de materiales, así como diferentes funciones ingenieriles.

En la actualidad, las personas deben contar con varias aptitudes para funcionar dentro de un equipo de diseño moderno. Además de la experiencia en aspectos técnicos y de ingeniería, es necesario poseer habilidades para tratar con la gente, capacidades de dibujo y pensamiento creativo. Las habilidades para tratar con las personas son importantes. Para los estudiantes, especialmente, puede ser difícil la transición de un ambiente en el que se recompensa el desempeño individual a otro donde el trabajo en equipo es la clave. El trabajo en equipo juega un papel importante en el proceso de diseño creativo.

Una técnica de creatividad en grupo que se utiliza comúnmente es la *lluvia de ideas*: una reunión en donde los asistentes se dedican a generar ideas. Una sesión tal puede estimular, instruir y motivar a los diseñadores para considerar sus productos desde una óptica diferente con base en lo expuesto por los otros miembros del equipo. La regla más importante que debe seguirse durante una sesión de lluvia de ideas es no permitir la crítica a las ideas de los demás, que en esta fase sólo sirve para obstaculizar el proceso creativo. Una segunda regla es llegar preparado con la mayor cantidad posible de ideas: no es el momento de ser conservadores, no debe existir la resistencia al cambio; se debe estar abierto a presentar pensamientos nuevos. Una idea loca puede detonar otra que sea más práctica.

Reintegrar las ideas generadas durante una sesión en un diseño particular es de suma importancia: es imperativo que el diseñador individual incorpore en su diseño la información generada a partir de las aportaciones del equipo. (Vea la figura 1.7).

Como es importante la capacidad de trabajar eficazmente dentro de un equipo, es necesario tener la habilidad de expresarse en forma clara y concisa. No debe subestimarse la importancia de las capacidades de comunicación, la habilidad de expresar ideas verbalmente (escritas y habladas), simbólicamente (ecuaciones, fórmulas, etcétera) y *gráficamente*.

■ **FIGURA 1.7** ■ Técnicas de creatividad individual y grupal.

LAS TÉCNICAS DE CREATIVIDAD INCLUYEN:
Estudio de catálogos/manuales industriales.
Análisis de elementos fabricados.
Estudio de dibujos de patente.
Análisis de descomposición funcional.
Realización de ingeniería inversa.
Estudio del mundo natural.
Utilización de productos de software.
Uso de los sitios Web de diseño, ingeniería y tecnología.
Lluvia de ideas.
Reintegración.

Estas habilidades gráficas incluyen la capacidad de presentar información e ideas de manera clara y eficaz en forma de bosquejos, dibujos, gráficas, etcétera. Este libro de texto está dedicado a ayudar a los estudiantes a desarrollar sus habilidades de comunicación gráfica.

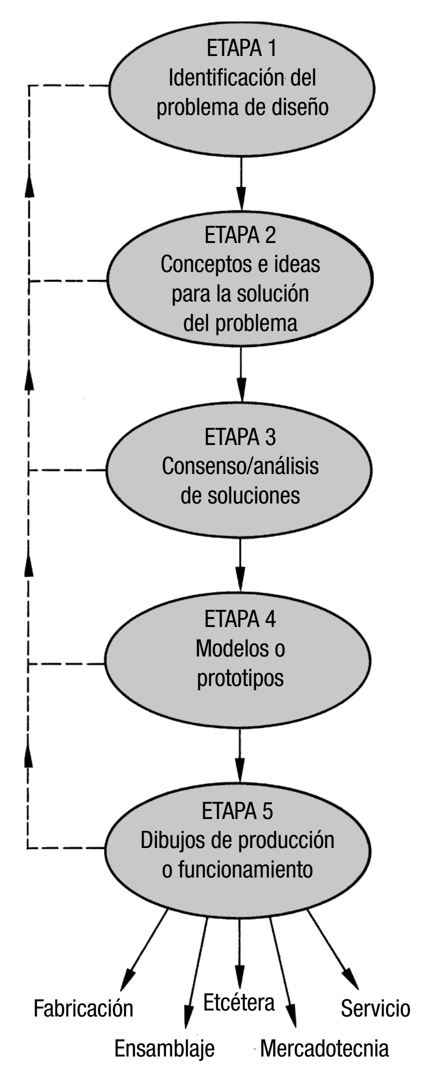
1.3 ■ EL PROCESO DE DISEÑO

Es la capacidad de combinar ideas, principios científicos, recursos y, a menudo, productos existentes en la solución de un problema. Esta capacidad de generar soluciones es el resultado de un enfoque organizado y ordenado para abordar el problema, el cual se conoce como *proceso de diseño*.

El proceso de diseño que conduce a la fabricación, ensamblaje, mercadotecnia, servicio y las diversas actividades necesarias para crear un producto exitoso se compone de varias etapas fáciles de reconocer. Aunque muchos grupos industriales las pueden identificar de un modo distinto, un procedimiento conveniente para el diseño de un producto nuevo o mejorado se divide en las siguientes cinco etapas:

1. Identificación del problema, necesidad o "cliente".
2. Conceptos e ideas.
3. Consenso y análisis de soluciones.
4. Modelos y prototipos.
5. Dibujos de producción o funcionamiento.

De manera ideal, el diseño pasa por las etapas que se muestran en la figura 1.8 lista, pero si una etapa particular no resulta satisfactoria, puede ser necesario regresar a la previa y repetir el procedimiento como lo indican las trayectorias marcadas con una línea discontinua. Este procedimiento repetitivo se conoce a menudo como *ciclo*.



■ **FIGURA 1.8** ■ Etapas del proceso de diseño.

1.4 ■ ETAPA 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y EL CLIENTE

Las actividades de diseño comienzan con el reconocimiento de un *problema* y/o la determinación de la *necesidad* de un producto, servicio o sistema, y la factibilidad económica de satisfacer esta necesidad.

El diseñador no sólo debe identificar al problema o la necesidad, sino también al *cliente*. ¿Quién será afectado o influenciado por el diseño? La creación de cualquier diseño y el proceso de diseño relacionado deben estar dirigidos a sus usuarios finales. En esta etapa se determina si el diseño debe orientarse hacia un solo usuario muy específico, un comprador o compradores específicos, un fabricante o grupo de fabricantes, o al público en general. Por ejemplo, una parte del transbordador espacial no necesita ser diseñada o fabricada para el público en general: tiene un mercado limitado y clientes específicos. En el otro extremo, el diseño de un equipo de gimnasia para armar en casa debe considerar un amplio rango de usuarios y habilidades manuales. Es importante que el diseñador identifique al usuario final antes de comenzar el proceso de diseño.

También es importante determinar si el producto en diseño debe cumplir con alguna norma o regulación gubernamental, o tiene que adherirse al código, normas, o estándares de una organización profesional antes de comenzar el proceso de diseño.

Cualquier proceso de diseño implica sacrificar algunos de los requerimientos originales del diseñador. Por ejemplo, las normas del gobierno pueden limitar el uso de ciertos materiales y el diseño puede verse obligado a tomar una forma diferente a la originalmente concebida.

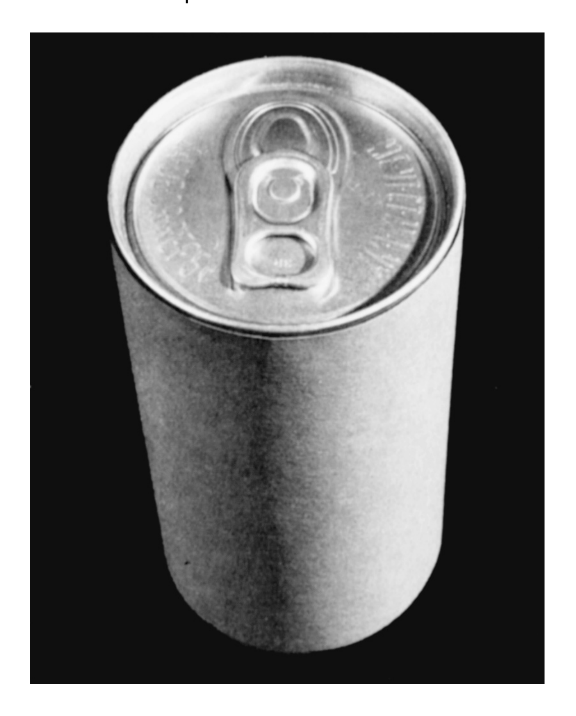
Los materiales o procesos de fabricación pueden volverse demasiado costosos, los recursos pueden no estar disponibles, etcétera. Es importante que el diseñador aborde el proceso con el conocimiento de las concesiones que puede verse obligado a hacer; por ello, es necesario asignar prioridades a los requerimientos de diseño. Resulta buena idea dividir los *requerimientos de diseño* en cuatro categorías: esencial, importante, deseable y funcional. Este desglose previo al inicio del proceso facilita la toma de decisiones acerca de qué cambiar y cuándo hacerlo cada vez que surge la necesidad.

Los problemas de diseño ingenieril van desde la creación del mecanismo sencillo como el abre-fácil de las latas de bebidas (figura 1.9) hasta satisfacer necesidades más complejas como los viajes aéreos y terrestres, la exploración espacial, el control ambiental, etcétera. Aunque el producto puede ser muy simple, las herramientas y máquinas de producción demandan un esfuerzo importante de diseño e ingeniería. El avión Boeing 777 (vea la figura 1.10), es un ejemplo de diseño complejo: fue modelado completamente a partir de gráficos tridimensionales de CAD.

El vehículo de exploración lunar, en la figura 1.11, resuelve la necesidad del programa espacial de explorar áreas más grandes de la superficie lunar. Este vehículo es el resultado final de un gran trabajo de diseño asociado con los sistemas de apoyo y el hardware relacionado.



■ **FIGURA 1.9** ■ Tapa abre-fácil de una lata. *John Schultz—PAR/NYC.*

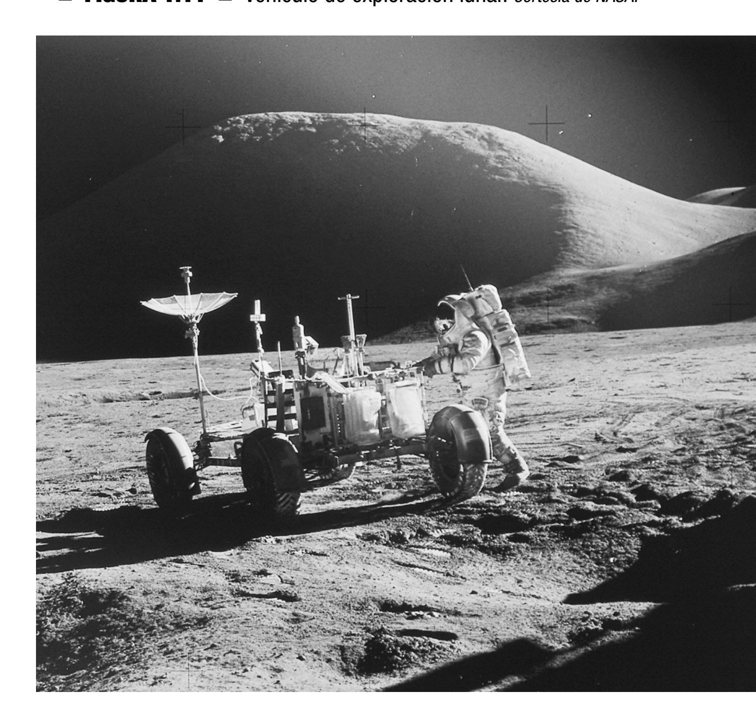




■ **FIGURA 1.10** ■ Boeing 777 en vuelo. *Cortesía de Boeing Co.*

En la etapa de identificación del problema, el investigador reconoce la necesidad de encontrar una solución de diseño o, quizá con más frecuencia, recibe una orden para tal efecto parte de la administración. En este momento no se hace ningún intento de establecer metas o criterios para la solución.

■ **FIGURA 1.11** ■ Vehículo de exploración lunar. *Cortesía de NASA.*



La información concerniente al problema identificado se convierte en la base para la propuesta de solución: un párrafo o un informe de varias páginas que se presenta para su consideración formal.

Después de la aprobación de la propuesta, se exploran aspectos más profundos para obtener mejor calidad. Se recopila la información disponible relacionada con el problema y se definen los parámetros o directrices para el tiempo, costo y funcionamiento con los que deberá realizarse el trabajo. Por ejemplo: ¿Qué se espera que haga el diseño? ¿Cuál es el límite de costo estimado? ¿Cuál es el mercado potencial? ¿Cómo puede venderse? ¿Cuándo estará listo el prototipo para realizar pruebas? ¿Cuándo deben estar listos los dibujos de producción? ¿Cuándo comenzará la producción? ¿Cuándo estará disponible el producto en el mercado?

En esta etapa se establecen los parámetros de un problema de diseño, incluyendo un calendario o cronograma. Casi todos los diseños implican hacer concesiones y la cantidad de tiempo calculado para un proyecto no es la excepción.

1.5 ■ ETAPA 2: CONCEPTOS E IDEAS

En esta etapa se recopilan ideas —razonables y de otro tipo— para las soluciones posibles del problema. Las ideas son amplias e irrestrictas para permitir la posibilidad de soluciones nuevas y únicas; pueden provenir de individuos o de una sesión de lluvia de ideas donde a menudo una sugerencia genera muchas otras. Conforme las ideas son emitidas, se registran para su consideración y refinamiento futuros.

Entre más grande es la recopilación de ideas, mayores son las posibilidades de encontrar una o más opciones convenientes para su refinamiento posterior. Se exploran todas las fuentes: literatura técnica, revistas comerciales y de diseño, patentes y productos existentes, entre otras. El Museo Greenfield Village en Dearborn, Michigan; el Museo de la Ciencia y la Industria en Chicago, las exhibiciones comerciales, la Red, las grandes tiendas de hardware y accesorios y los catálogos ordenados por correo electrónico y convencional son fuentes muy socorridas. Incluso el usuario de un producto es una fuente válida, porque a menudo esa persona tiene sugerencias para realizar mejoras; el usuario potencial puede ser útil respecto a las reacciones específicas a una solución propuesta.

En esta etapa no se realiza ningún intento de evaluar las ideas. Todas las notas y bosquejos son firmados, fechados y conservados para la posible solicitud de la patente.

1.6 ■ ETAPA 3: CONSENSO/ANÁLISIS DE SOLUCIONES

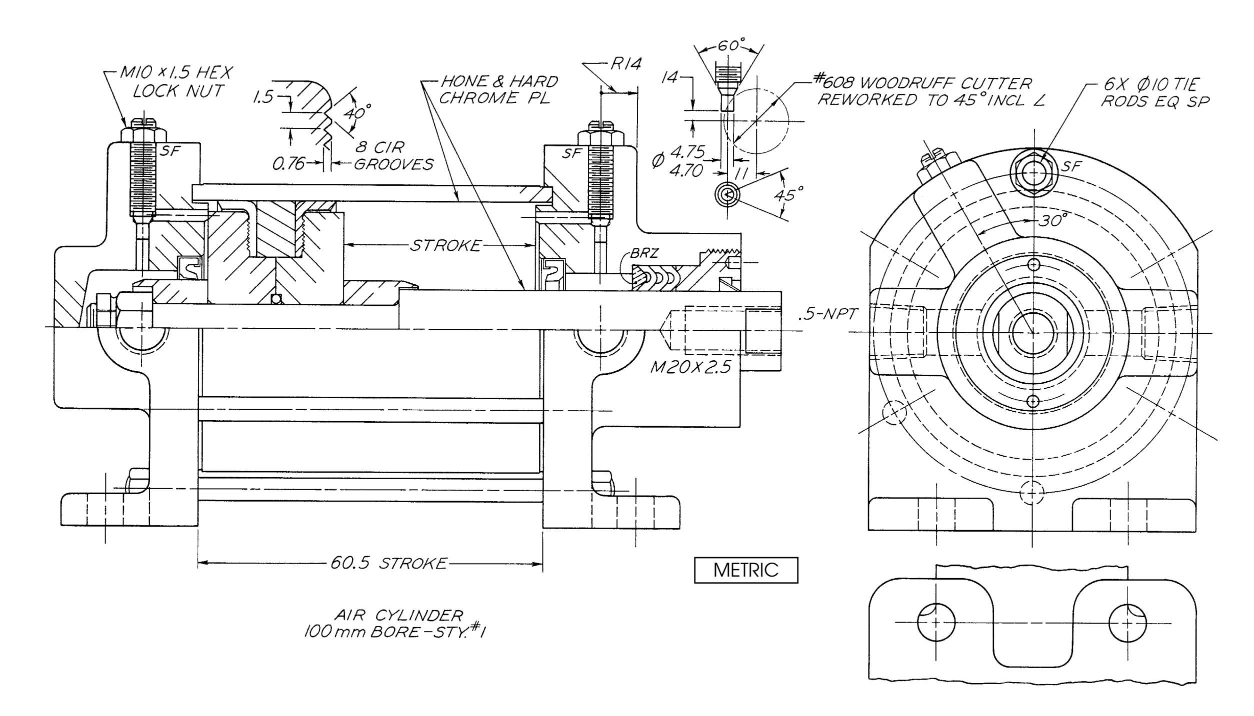
En esta etapa se seleccionan varias características de los conceptos generados previamente, después de una consideración cuidadosa, se combinan en una o más soluciones condensadas promisorias. En este punto, la mejor solución se evalúa a detalle y se hacen intentos por simplificarla para que se desempeñe con eficiencia y sea fácil de fabricar, reparar e incluso desechar cuando termine su ciclo de vida.

Con frecuencia, después de elaborar los bosquejos de diseño refinados se realiza un estudio de los materiales idóneos y los problemas de movimiento que pudieran estar implicados. ¿Qué fuente de poder se utilizará: manual, eólica, solar, motor eléctrico, de combustión interna, a diesel, o cuál? ¿Qué tipo de movimiento se necesita? ¿Es necesario traducir el movimiento giratorio en movimiento lineal o viceversa? Muchos de estos problemas se resuelven de manera gráfica empleando esquemas que muestran las partes en forma esquelética. Por ejemplo, las poleas y engranes se representan mediante círculos, un brazo por medio de una sola línea y una trayectoria de movimiento con líneas centrales. En este momento, también pueden realizarse ciertos cálculos básicos, como los relacionados con la velocidad y aceleración.

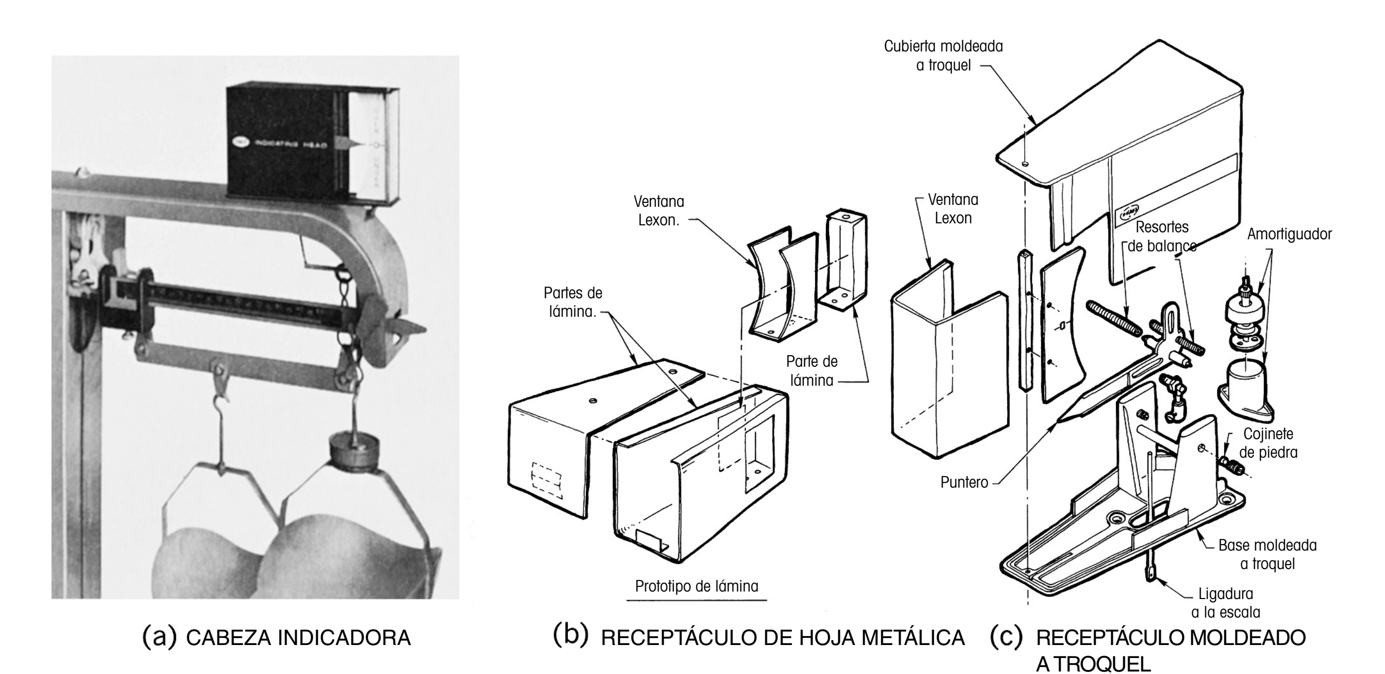
En los estudios preliminares sigue un esquema de diseño —por lo general un dibujo CAD preciso con tamaños especificados y proporciones y ajustes claros— o un bosquejo de diseño dimensionado claramente. En la figura 1.12 se presenta un ejemplo. En este momento se diseñan cuidadosamente todas las partes en relación con su fuerza y funcionamiento. Los costos se mantienen siempre en mente porque el dispositivo debe venderse y producir ganancias; de otra manera, el tiempo y los costos de desarrollo generarán una pérdida.

Durante el proceso de esquematización, la experiencia permite tener un sentido de proporción, tamaño y ajuste ya que las características no críticas pueden diseñarse a simple vista o con la ayuda de datos empíricos. Cuando se diseña para altas velocidades, cargas pesadas o requerimientos y condiciones especiales, puede ser necesario realizar análisis de tensión y cálculos detallados.

En la figura 1.13, un esquema de ensamble muestra proporciones básicas de las partes y forma de ajuste. Presta atención especial a representar los espacios existentes entre las partes móviles la facilidad de ensamble y la posibilidad de dar mantenimiento. Siempre que es posible, se utilizan partes de forma estándar porque son menos caras que las partes únicas. La mayoría de las compañías cuentan con un manual de estándares de ingeniería que contiene datos técnicos y empíricos y mucha de la información detallada que se considera la "norma de la compañía." Los materiales y costos se analizan con mucho cuidado y, aunque las consideraciones funcionales pueden ser más importantes, los problemas de manufactura deben mantenerse en mente de manera constante.



■ **FIGURA 1.12** ■ Esquema de diseño.



■ **FIGURA 1.13** ■ Diseño mejorado de una cabeza indicadora. *Cortesía de Ohaus Scale Corp. and Machine Design.*

1.7 ■ ETAPA 4: MODELOS Y PROTOTIPOS

A menudo se construye un modelo tridimensional CAD o un modelo a escala para estudiar, analizar y refinar un diseño. Un prototipo es un modelo en funcionamiento, de tamaño real y construido de acuerdo con todas las especificaciones finales (exceptuando quizá las de materiales). El prototipo se prueba y modifica cuando es necesario, y los resultados se anotan en la revisión de los bosquejos y los dibujos de funcionamiento. En la figura 1.14 se muestra un prototipo del tren de levitación magnética.

Los modelos tridimensionales CAD son tan exactos que, con frecuencia, hacen innecesario un prototipo físico. El avión Boeing 777 es un ejemplo de un sistema muy complejo modelado por completo en CAD tridimensional, con lo que se eliminó la necesidad de un prototipo físico (que hubiera resultado muy caro). Algunas veces, los modelos tridimensionales CAD se conocen como "prototipos virtuales", porque pueden ser tan precisos y detallados que proporcionan el mismo nivel de información que se obtendría con un prototipo físico.

Si el prototipo no es satisfactorio, puede ser necesario regresar a una etapa previa del proceso de diseño y repetir los procedimientos. Debe recordarse que el tiempo y los gastos siempre limitan la duración de estos ciclos. En algún momento deberá tomarse una decisión respecto al modelo de producción que será utilizado.

■ **FIGURA 1.14** ■ Prototipo de un vagón del tren de levitación magnética durante una corrida de prueba.



1.8 ■ ETAPA 5: DIBUJOS DE PRODUCCIÓN O FUNCIONAMIENTO

En esta etapa se elabora, verifica y aprueba un conjunto de dibujos de producción o funcionamiento.

En la industria, los esquemas del diseño de producción aprobado se llevan al departamento de ingeniería para elaborar los dibujos de producción. Se dibujan las vistas necesarias para cada parte a fabricar y se agregan todas las dimensiones y notas necesarias para que los dibujos describan estas partes por completo. Estos esquemas son llamados *dibujos de detalle*.

Las partes estándar inalteradas no requieren dibujo de detalle, pero se muestran de manera convencional en el dibujo de ensamblaje y se incluyen con sus especificaciones en la lista de partes.

En la figura 1.15 se muestra un dibujo de detalle de una de las partes del esquema de diseño de la figura 1.12. También se crea un *dibujo de ensamblaje* para mostrar la forma en que todas las partes se unen en el producto completo.

Por último, con el fin de proteger al fabricante, a menudo se prepara un *dibujo de patente* que puede estar en forma de ensamblaje, el cual se entrega a la oficina de patentes para su registro. Estos dibujos pueden ser de líneas sombreadas o seguir reglas específicas de la oficina de patente.

1.9 ■ COMUNICACIÓN MEDIANTE GRÁFICOS

La ***comunicación gráfica*** ha existido desde el principio de los tiempos. Las primeras formas de escritura fueron pictóricas, como los jeroglíficos egipcios que se muestran en la figura 1.16. Después, estas formas fueron simplificadas y se convirtieron en los símbolos abstractos que se usan en la escritura actual.

La representación gráfica se ha desarrollado a lo largo de dos líneas distintas: la artística y la técnica. Desde el principio de los tiempos, los artistas han usado dibujos para expresar ideas estéticas, filosóficas y otros pensamientos abstractos. Las personas aprendían mientras observaban esculturas, pinturas y dibujos en lugares públicos. Todos podían entender las pinturas y éstas eran la fuente principal de información.

Por otro lado, los ***dibujos técnicos*** que comunican información de diseño transmiten los datos de manera diferente. Desde el inicio de la historia, la gente ha usado dibujos para representar el diseño de objetos a construir o fabricar. Aunque los primeros dibujos ya no existen, se sabe que las personas no hubieran podido diseñar y construir como lo hicieron sin el uso de dibujos bastante precisos.

■ **FIGURA 1.15** ■ Un dibujo de detalle.



■ **FIGURA 1.16** ■ Jeroglíficos egipcios.

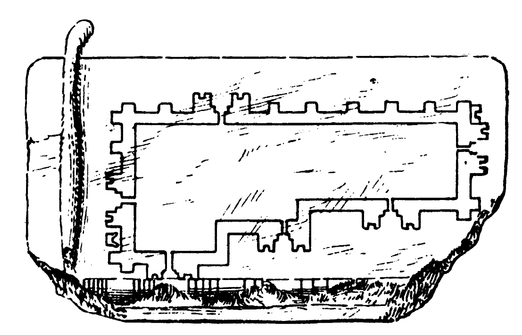
1.10 ■ PRIMEROS DIBUJOS TÉCNICOS

Quizás el dibujo técnico más antiguo del que se tenga conocimiento y que aún existe, es el plano de planta para el diseño de un fuerte dibujado por el ingeniero caldeo Gudea, el cual fue grabado en una tableta de piedra (figura 1.17). Resulta sorprendente la similitud que existe entre este plano y los elaborados por los arquitectos modernos, a pesar de que fue creado miles de años antes de que se inventara el papel.

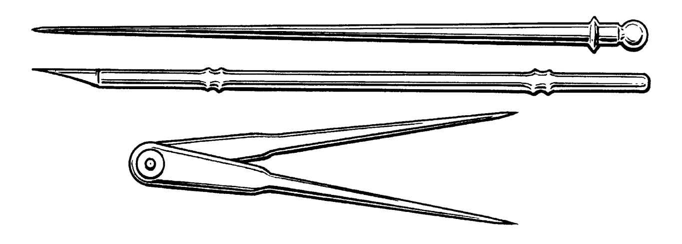
En los museos pueden observarse muestras reales de los primeros *instrumentos de dibujo*. Los antiguos compases de bronce que se muestran en la figura 1.18 eran de un tamaño similar al de los actuales. Las plumas se obtenían de los juncos.

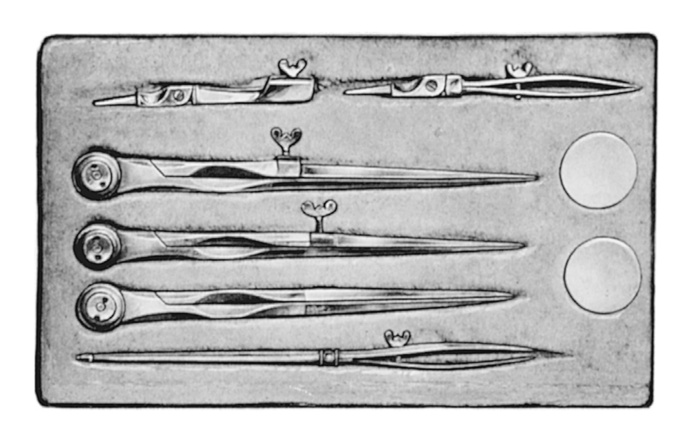
En Mount Vernon se encuentran instrumentos de dibujo pertenecientes al año 1749, usados por el ingeniero civil George Washington. Este juego es muy similar a los

■ **FIGURA 1.17** ■ Plano de un fuerte. Esta tableta de piedra es parte de una estatua que ahora se encuentra en el Louvre, en París, y data del primer periodo del arte caldeo, alrededor de 4000 años a.C. *De* Transactions ASCE, *Mayo de 1891.*



■ **FIGURA 1.18** ■ Estilo, pluma y compás romanos. De *Historical Note on Drawing Instruments, publicada por V & E Manufacturing Co.*





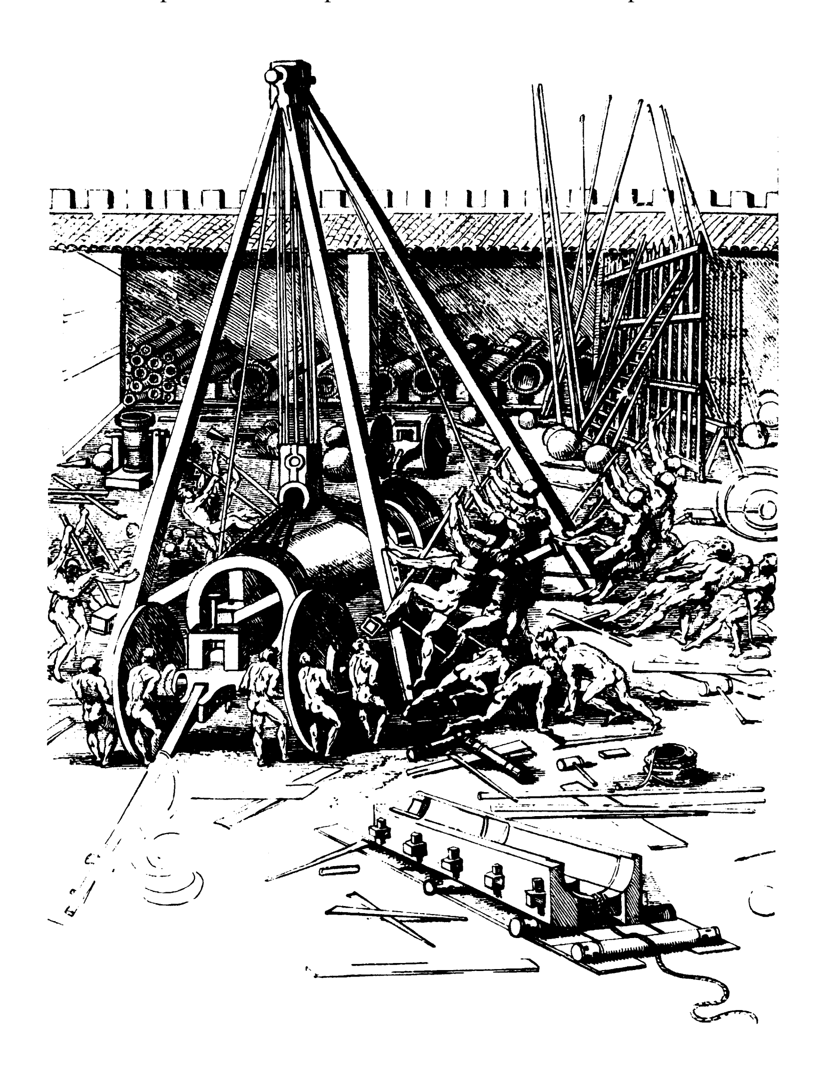
■ **FIGURA 1.19** ■ Instrumentos de dibujo de George Washington. De *Historical Note on Drawing Instruments, publicada por V & E Manufacturing Co.*

instrumentos de dibujo convencionales que se usaron a lo largo del siglo XX. Consiste en un divisor y compás con repuestos de lápiz y pluma, además de una pluma guía con hojas paralelas. (figura 1.19).

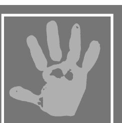
La vista sencilla de una parte para un diseño se conoce técnicamente como una ***proyección***. Aparentemente, la teoría de proyecciones de objetos sobre planos de visión imaginarios, no fue desarrollada sino hasta la primera parte del siglo XV por los arquitectos italianos Alberti, Brunelleschi y otros. Es bien sabido que Leonardo da Vinci utilizaba dibujos para registrar y transmitir sus ideas y diseños para construcciones mecánicas a las demás personas, y muchos de estos dibujos aún existen. En la figura 1.20 se muestra el dibujo de Leonardo para un arsenal. De hecho, Da Vinci pudo incluso haber elaborado dibujos mecánicos como los que se utilizan en la actualidad.

1.11 ■ PRIMERA GEOMETRÍA DESCRIPTIVA

La ***geometría descriptiva*** utiliza gráficos y proyecciones para resolver problemas matemáticos espaciales. Gas-



■ **FIGURA 1.20** ■ Un arsenal, por Leonardo da Vinci. *Cortesía del archivo Bettmann.*



Manos a la obra 1.1

Etapas del proceso de diseño

A continuación se presentan la descripción de ciertos procesos que podrían llevarse a cabo durante el diseño de un nuevo medio de sujeción para las tablas de esquiar en nieve (*snowboard*). Lea cada paso y decida en cuál etapa del proceso de diseño se llevaría a cabo. Escriba la letra de la descripción en el espacio apropiado del diagrama del proceso de diseño que se muestra a la derecha. Como ejemplo, se ha resuelto la etapa 1.

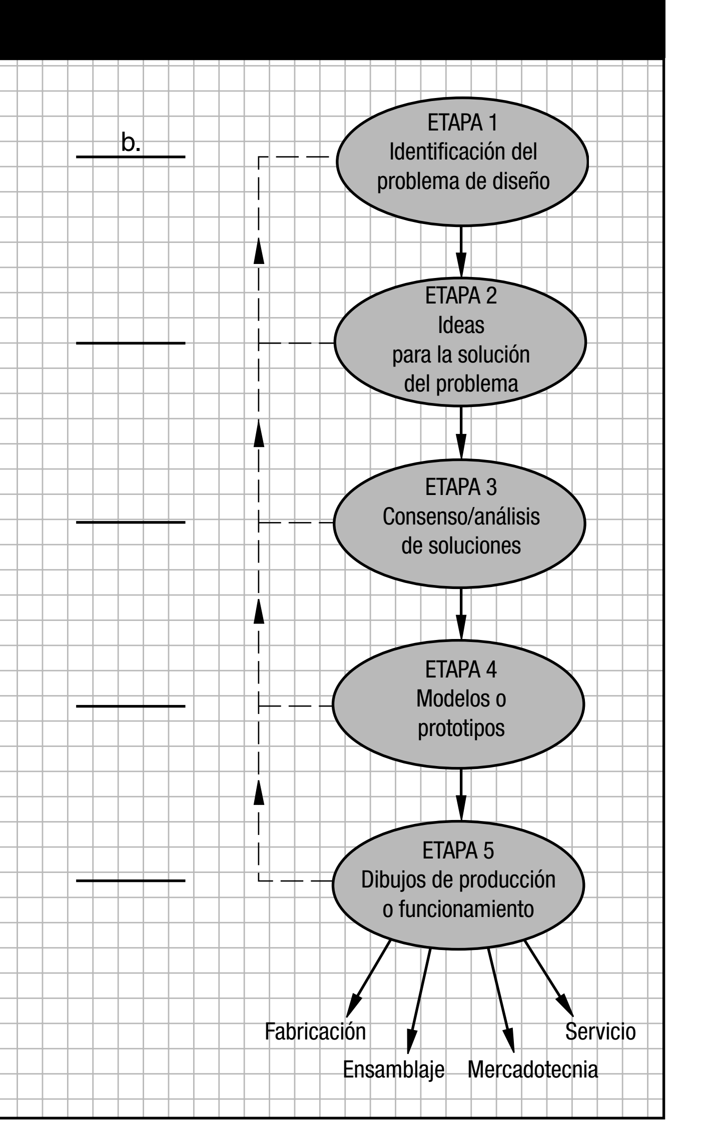
a) Los resultados del análisis de tensión muestran que la anexión de un mecanismo de aseguramiento a las botas existentes no es segura. El concepto se rediseña como una bota integrada.

b) Existe la necesidad de un nuevo medio de sujeción al *snowboard* que proporcione al usuario libertad al entrar y salir de la telesilla y el tren; al mismo tiempo se requiere que los mecanismos de aseguramiento y liberación tengan la mayor seguridad posible.

c) Los modelos tridimensionales del nuevo aseguramiento al snowboard y el sistema de botas se exportan desde CAD para su fabricación.

d) Se elabora un modelo y se prueba en el laboratorio. Después, un grupo de practicantes del *snowboard* prueban en campo el desempeño del prototipo en diferentes terrenos y situaciones.

e) Inspirado en el sistema de aseguramiento especial de los pedales de su bicicleta, el diseñador bosqueja una idea para una bota de *snowboard* y la anexión de un seguro que se retraerá en las botas existentes.



pard Monge (1746-1818) es considerado el inventor de la geometría descriptiva. Mientras era profesor en la Escuela Politécnica de Francia, Monge desarrolló los principios de la proyección que ahora constituyen el fundamento del dibujo técnico. Pronto se reconoció que estos principios de geometría descriptiva tenían tal importancia militar que Monge fue obligado a mantenerlos en secreto. Su libro, *La Géométrie Descriptive*, publicado en 1795, se considera aún el primer texto sobre el dibujo de proyección. En la primera década del siglo XIX, estas ideas se adoptaron en los Estados Unidos y comenzaron a enseñarse en las universidades. También se utilizaron en la fabricación de partes intercambiables, particularmente en los albores de la industria armamentista.

1.12 ■ DIBUJO TÉCNICO MODERNO

En 1876 se presentó el proceso heliográfico durante la exposición del centenario en Filadelfia. Hasta ese momento, la creación de gráficos técnicos era más o menos un arte caracterizado por sus dibujos de líneas finas (que aparentaban ser grabados de plancha de cobre), su sombreado con tramas y su coloreado a la acuarela. Estas técnicas se volvieron innecesarias después de la introducción de la copia heliográfica, y en forma gradual los dibujos dejaron de tener adornos para obtener mejores resultados en la reproducción. Éste fue el inicio del dibujo técnico moderno, el cual se convirtió en un método de presentación relativamente exacto. Con frecuencia se volvió innecesaria la construcción de un modelo en funcionamiento antes de que un dispositivo pudiera construirse.

1.13 ■ ESTÁNDARES DE DIBUJO

Se han desarrollado estándares para la apariencia de los dibujos técnicos con el fin de asegurar que éstos puedan interpretarse con facilidad en todo Estados Unidos y alrededor del mundo. Conforme el estudiante aprende a crear dibujos técnicos se adhiere a estos estándares. Esto le permite elaborar dibujos claros e inequívocos. En Estados Unidos, las principales organizaciones involucradas en el desarrollo de estándares que están vigentes son el Instituto Nacional Americano de Estándares (*ANSI*, *American National Standards Institute*), la Sociedad Americana para la Educación en Ingeniería (ASEE, *American Society for Engineering Education*), la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, *Society of Automotive Engineers*) y la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME, *American Society of Mechanical Engineers*). Como promotores, ellos han preparado el Manual Nacional Estadounidense de Estándares de Dibujo – Y14 (*American National Standard Drafting Manual—Y14*), el cual consiste en cierto número de secciones separadas que se actualizan frecuentemente. (Vea el apéndice I).



Consulte el sitio Web de ANSI en **http://www.ansi.org** para obtener información sobre cómo pedir los estándares actualizados para su aplicación específica.

http://www.asme.org es el sitio Web de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos, donde se distribuyen estándares gráficos y de otro tipo.

Puede investigar en **http://www.iso.ch** para obtener más información sobre estándares internacionales o ISO 9000.

La Organización Internacional de Estándares (ISO, *International Standards Organization*) está formada por un grupo de institutos de estándares de 145 países. ISO publica más de 13,700 estándares para empresas, gobiernos y sociedades internacionales. Muchas compañías también desean ajustarse a ISO 9000; sin embargo, éste no es un estándar. ISO 9000 es un proceso que las compañías pueden utilizar para asegurar que la calidad de sus productos esté de acuerdo con los requerimientos del cliente. Cuando una compañía establece que está certificada por ISO 9000, se certifica el proceso para evaluar la calidad de sus productos en comparación con las normas ISO 9001, ISO 9002 o ISO 9003. La certificación ISO 9000 no es el aseguramiento de la calidad de un producto, sino la seguridad de que la compañía tiene un proceso mediante el cual evalúa dicha calidad. ISO 14000 evalúa el impacto ambiental de un negocio u organización, así como sus propias instalaciones.

1.14 ■ DEFINICIONES

Antes de comenzar a crear dibujos y bosquejos técnicos es necesario definir unos cuantos términos.

DIBUJOS MECÁNICOS Dibujos hechos con instrumentos para dibujo mecánico, o dibujos industriales en general que pueden o no haber sido elaborados en forma mecánica.

GRÁFICOS DE COMPUTADORA Gráficos creados mediante la utilización de software de computadora para dibujar, analizar, modificar y finalizar una variedad de soluciones gráficas.

CAD/CADD (Computer Aided Design), Diseño asistido por computadora o dibujo asistido por computadora (CAD) y Dibujo y diseño asistidos por computadora (Computer Aided Design Drawing (CADD)). Vea en la figura 1.21 que puede crearse una base de datos útil para describir de manera precisa la geometría tridimensional de la parte, estructura o sistema en diseño. Después, la base de datos puede usarse para realizar análisis directos sobre las partes de la máquina o crear ilustraciones para catálogos y manuales de servicio

DIBUJO INGENIERIL El término se refiere a la comunicación gráfica técnica en general, pero no incluye con claridad a todas las personas de diversos campos que se involucran en el trabajo técnico y la producción industrial.

DIBUJO TÉCNICO Cualquier dibujo empleado para expresar ideas técnicas o, en general, el ámbito de las comunicaciones gráficas técnicas. El término ha sido usado por diferentes escritores al menos desde los tiempos de Monge y aún se utiliza de manera amplia.

GRÁFICOS INGENIERILES O GRÁFICOS DE DISEÑO INGENIERIL Dibujos para uso técnico; en particular, dibujos técnicos que representan diseños y especificaciones para objetos físicos y relaciones de datos como se utilizan en la ingeniería y la ciencia.

BOSQUEJO TÉCNICO Una valiosa herramienta para los ingenieros y otras personas involucradas en el trabajo técnico que permite expresar la mayoría de las ideas técnicas de manera rápida y eficaz sin el uso de equipo especial.

■ **FIGURA 1.21** ■ Estación de trabajo utilizada para CAD. *Cortesía de Solid Edge, In.*



LECTURA DE DIBUJOS Interpretación de los dibujos realizados por otros. También llamada lectura de planos heliográficos, aunque el proceso heliográfico ha sido sustituido por otros. Las copias heliográficas y otras reproducciones de un dibujo ahora se conocen simplemente como *impresiones*. Muchas compañías están convirtiendo sus oficinas en espacios sin papeles que utilizan transferencia, revisión y almacenamiento electrónicos de archivos, exclusivamente. La lectura de un dibujo implica interpretar ideas y especificaciones (aunque el dibujo ya no sea un plano heliográfico).

GEOMETRÍA DESCRIPTIVA Utilización de dibujos técnicos para resolver problemas de ingeniería que involucran relaciones espaciales.

1.15 ■ BENEFICIOS DE LAS HABILIDADES GRÁFICAS

A través de la historia, los dibujos han acompañado y hecho posible los avances técnicos. En la actualidad, la conexión entre ingeniería y ciencia, y la capacidad de visualizar y comunicar gráficamente es tan vital como siempre. Los ingenieros, científicos y técnicos deben expresar sus ideas eficazmente a través de gráficos técnicos, tanto mediante la utilización de bosquejos como de CAD. En casi todas las escuelas de ingeniería del mundo se imparte capacitación para aplicar el dibujo técnico.

No es necesario tener talento artístico para aprender los fundamentos de los gráficos técnicos. Para producir dibujos técnicos deben tenerse las mismas aptitudes, habilidades y conocimientos de computación que se requieren en los otros cursos de ciencia e ingeniería.

Ya sea como ingeniero, científico o técnico, usted tendrá que crear e interpretar representaciones gráficas de estructuras, diseños y relaciones de datos ingenieriles. Resulta vital que entienda los principios fundamentales de los gráficos técnicos con el fin de comunicar información eficazmente. También debe ser capaz de realizar el trabajo con una razonable solvencia para que los demás puedan entender sus bosquejos y representaciones de diseño. Esta habilidad también podría ser provechosa para encontrar su primer empleo en alguno de los campos de la ingeniería. Cuando comience a trabajar, probablemente elaborará o revisará dibujos de CAD o preparará bosquejos bajo la dirección de un ingeniero experimentado.

En la mayoría de las profesiones técnicas la capacidad de leer un dibujo es una necesidad, ya sea que el profesionista produzca sus propios dibujos o que sea otra persona quien lo realice. En casi todos los libros de texto de ingeniería pueden encontrarse dibujos técnicos y, a menudo, los profesores piden complementar los cálculos con bosquejos técnicos, en forma de ***diagramas de cuerpo libre***. Entonces, el dominio del dibujo técnico, tanto bosquejos como CAD, lo ayudará en su trabajo profesional y en muchos cursos escolares.

Además de la necesidad de producir e interpretar gráficos técnicos, el desarrollo de la claridad, velocidad y precisión es útil para cualquier ingeniero, científico o técnico.

La capacidad de pensar en tres dimensiones es una de las habilidades más importantes en cualquier profesión técnica, y el aprender a visualizar los objetos en el espacio es uno de los beneficios del estudio de los gráficos técnicos. Muchas personas extraordinariamente creativas poseen una sorprendente capacidad para este tipo de visualización; pero cualquiera puede desarrollar dicha capacidad.

1.16 ■ PROYECCIONES

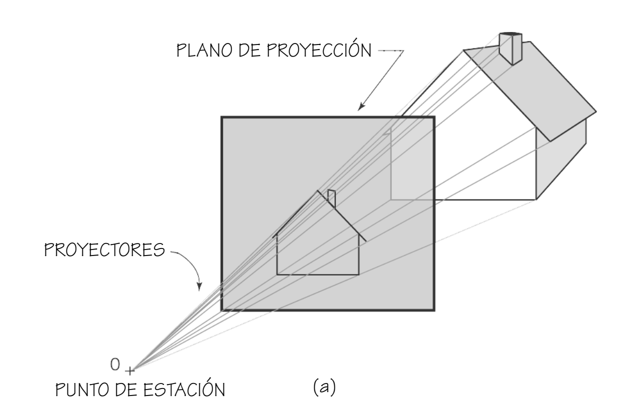
Los gráficos técnicos modernos utilizan vistas individuales o proyecciones para representar la forma de un objeto o diseño tridimensional en una hoja de papel. Se puede pensar en cualquier dibujo como un ente que involucra las relaciones espaciales de cuatro elementos:

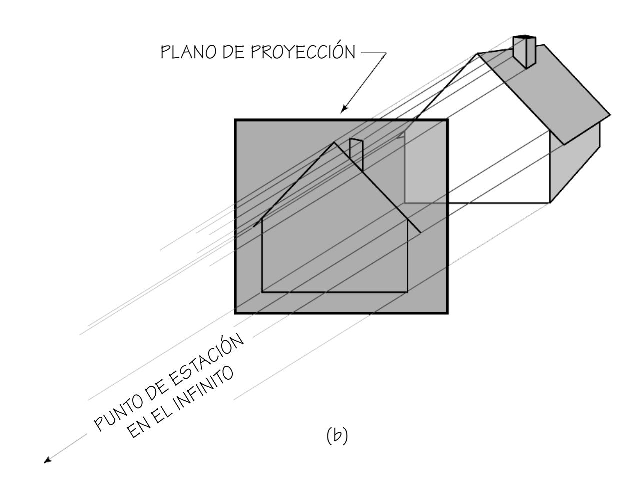
1. El ojo del observador, o el punto de observación
2. El objeto
3. El ***plano de proyección***
4. Los proyectores, también llamados rayos visuales o líneas de vista.

Existen dos tipos principales de proyección: perspectiva y paralela. En la figura 1.22*a* se muestra una ***proyección perspectiva.*** La vista proyectada de la casa se muestra en el plano de proyección según la ve el observador. Se puede pensar en rayos imaginarios o proyectores que se emiten desde los vértices del objeto (las esquinas de la casa, en este caso) para golpear el plano de proyección, que converge en el ojo del observador. La apariencia de una proyección perspectiva es similar a la visión que en realidad se tendría al observar el objeto.

En una ***proyección paralela***, como la que se muestra en la figura 1.22*b*, los proyectores o rayos se emitirían desde la casa, de forma perpendicular al plano de proyección, de manera que serían paralelos entre sí hasta el infinito. El resultado de esto es una proyección ortogonal (que significa en ángulo recto). Las proyecciones ortogonales pueden mostrar con precisión las dimensiones del objeto; las proyecciones oblicuas son un tipo de proyección paralela donde los rayos o proyectores golpean el plano de proyección en un ángulo distinto al de 90°.

Los tipos principales de proyección pueden dividirse en muchos subtipos, como se muestra en la figura 1.23; éstos se analizarán en capítulos posteriores.

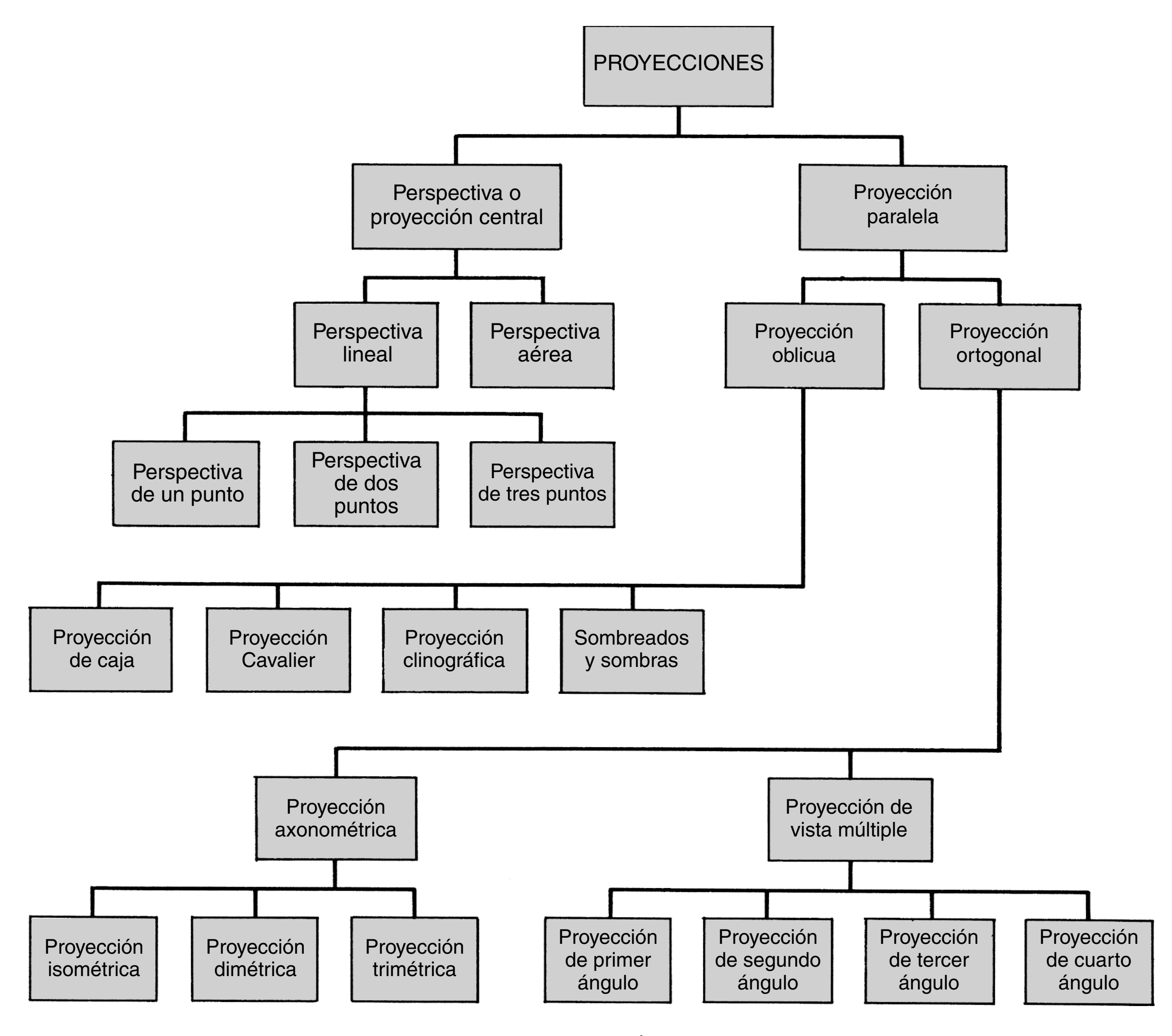




■ **FIGURA 1.22** ■ Proyecciones.

TABLA 1.1 ■ Clasificación por proyectores.

Clases de proyección	Distancia del observador al plano de proyección	Dirección de los proyectores
Perspectiva	Finita	Emitidos desde el punto de estación
Paralela	Infinita	Paralelos entre sí
Oblicua	Infinita	Paralelos entre sí y oblicuos respecto al plano de proyección
Ortogonal	Infinita	Perpendiculares al plano de proyección
Axonométrica	Infinita	Perpendiculares al plano de proyección
De vista múltiple	Infinita	Perpendiculares al plano de proyección



■ **FIGURA 1.23** ■ Clasificación de proyecciones.

PALABRAS CLAVE

CICLO
CLIENTE
COMUNICACIÓN GRÁFICA
CONCEPTOS
DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL
DIBUJO A DETALLE
DIBUJO DE ENSAMBLAJE
DIBUJO DE FUNCIONAMIENTO
DIBUJO TÉCNICO
DIBUJOS DE PATENTE
DIBUJOS DE PRODUCCIÓN
DISEÑO ESTÉTICO
DISEÑO FUNCIONAL
EQUIPO DE DISEÑO
ESQUEMA DE DISEÑO
ESTÁNDARES
ETAPAS DEL DISEÑO
GEOMETRÍA DESCRIPTIVA
GRAFICOS DE COMPUTADORA
INGENIERÍA INVERSA
LLUVIA DE IDEAS
MÁQUINA DE MEDICIÓN DE COORDENADAS
MODELADO SÓLIDO (CAD)
MODELADO TRIDIMENSIONAL
MODELOS
OBJETIVOS
PLANO DE PROYECCIÓN
PROTOTIPO
PROTOTIPO VIRTUAL
PROYECCIÓN
PROYECCIÓN PARALELA
PROYECCIÓN PERSPECTIVA
REFINAMIENTO
REINTEGRACIÓN
REQUERIMIENTOS DE DISEÑO
SIMULACIÓN EN COMPUTADORA
TÉCNICAS DE CREATIVIDAD
VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN

Nota sobre Gráficos Un día en Ideo U.

Las reglas de la Carrera de balas de cañón, la competencia final de Ideo University (Ideo U), son simples. Para ganar, un equipo debe:

1. Construir un mecanismo que lance una bala de cañón de acero más lejos de lo que puedan hacerlo los dispositivos de los tres equipos opositores.
2. Hacer que la bala marque el fin de su viaje activando un zumbador (timbre) en el "receptor de bala", un blanco redondo que tiene la circunferencia aproximada de una taza de café.
3. Usar el material proporcionado: un montón de taquetes (clavijas de madera), un trozo de esponja, un rollo de cinta eléctrica, una pila de tarjetas de cartulina, algunas espátulas de madera para revolver pintura, un puñado de ligas de hule, una pieza extremadamente larga de cordón negro, una ratonera (trampa para ratón) y los recipientes en que todo esto estaba empacado.
4. Terminar un lanzador de balas de cañón en 90 minutos.

No es la más simple de las tareas, pero nadie dijo de aprender creatividad fuera fácil. De hecho, la competencia en Ideo incluía a un periodista y a 15 ingenieros del gigante de las redes Cisco Systems. Al comienzo de la competencia todos estaban escépticos, no era posible que la creatividad pudiera enseñarse en un solo día de taller de innovación y diseño.

Talleres de diseño en Ideo U

Ideo es la compañía ubicada en Silicon Valley famosa por diseñar productos como el primer ratón de Apple, un tubo de pasta de dientes higiénico para Crest de Procter and Gamble y, más recientemente, la Palm V, la plateada agenda electrónica tan delgada como una hoja y tan ligera como una pluma que se agregó a la explosiva línea de organizadores de bolsillo de 3Com.



Fundada en 1978 por el profesor de diseño de Stanford David Kelley, Ideo ha diseñado más de 3,000 productos para una serie de clientes, entre los que se incluyen varios miembros de la lista FORTUNE 500. Ideo comenzó a ofrecer talleres de diseño para sus clientes actuales y potenciales cuando éstos empezaron a preguntar con insistencia cómo lograban estos diseños. Desde entonces, compañías que incluyen a NEC, Kodak y Steelcase han enviado empleados a Ideo U.

¿Es posible enseñar la creatividad?

Dennis Boyle, el líder principal del taller donde se realiza la carrera Bala de cañón afirma: "Se dice que el genio es 99% transpiración y 1% inspiración". "La mayoría de las compañías tienen ese 99%; es el 1% restante el que cuesta trabajo obtener, y por eso nuestros clientes nos piden trabajar con su gente y no sólo con sus productos."

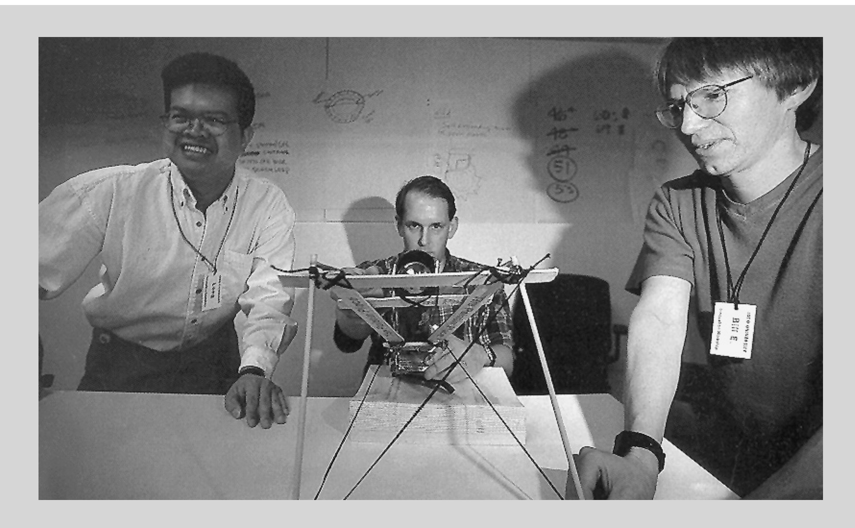
Para conseguir ese 1% tan elusivo, los empleados de Ideo explican las técnicas que utilizan en su compañía para diseñar productos y después piden a los participantes que las pongan en práctica. Es aquí donde entra en juego la Carrera de balas de cañón.

Lluvia de ideas

El primer paso: lluvia de ideas. Temprano, esa misma tarde, Brendan Boyle, el jefe del estudio de invención de juguetes de Ideo, explica la técnica de lluvia de ideas; Ideo toma tan en serio sus reglas que éstas se encuentran impresas en una gran pancarta desplegada sobre los pizarrones blancos del salón de clases. Las reglas son:

- Deja los juicios para después (de otro modo interrumpirás el flujo de ideas).
- Construye sobre las ideas de otros (es mucho más productivo que acaparar la gloria de tus propios pensamientos).
- Conserva el enfoque sobre el tema (sin líneas tangentes).
- Una persona a la vez (no ahogues a esa tranquila y brillante persona de la esquina que habla entre dientes).
- Busca cantidad (cuando los miembros de Ideo llevan a cabo esta técnica tratan de presentar 150 ideas en un lapso de entre 30 y 45 minutos).
- Estimula las ideas locas (como dijo Einstein, "si la primera idea no suena absurda, entonces no hay esperanza para ella").
- Recurre a lo visual (bosqueja las ideas para ayudar a que la gente las entienda).

El equipo 2 se apegó a estas reglas y en unos cuantos minutos generó entre 15 y 20 ideas para el lanzador.



Creación rápida de prototipos

Para comenzar a descartar las ideas inútiles, el equipo 2 usó la técnica de Ideo de elaboración rápida de prototipos. La justificación de los prototipos rápidos es que resulta más fácil analizar un modelo de algo, sin importar cuán primitivo sea, que hablar sobre un conjunto de ideas. Steve Vassallo, de Ideo, afirma que "si una imagen dice más que mil palabras, un prototipo dice más que diez mil".

Estos prototipos deben ser burdos, rápidos y correctos; las primeras dos características no requieren de mucha explicación: no deben ser refinados y deben elaborarse en un corto tiempo. En las primeras etapas, el perfeccionamiento de un modelo es un desperdicio. Vassallo dice que "se aprende lo mismo con un modelo erróneo que con uno correcto". Incluso la característica final no implica que el modelo deba funcionar. Se refiere a la construcción de muchos pequeños modelos enfocados a problemas específicos. Estas tres características funcionaron para el equipo 2 durante la Carrera de balas de cañón.

Después de elaborar unos cuantos modelos burdos con la ratonera, llegaron a la conclusión de que nunca podrían disparar la bala con precisión. Esto los condujo a una opción más segura: construir una rampa que llevaría la bala desde una mesa hasta su objetivo en el piso mediante dos guías fabricadas con las espátulas agitadoras para pintura. Se ocuparon entonces en construir su dispositivo. Treinta minutos antes del límite se dieron cuenta de que uno de los otros equipos estaba haciendo exactamente lo mismo, con una diferencia crucial: además estaban uniendo con cinta las tarjetas de cartulina (que aparentaban ser lo menos útil del material proporcionado) para crear una pista de más de nueve metros de largo que guiaría la bala de cañón desde su rampa hasta el receptor, ubicado en el extremo más lejano del salón. Incluso habían doblado cuidadosamente los lados de cada tarjeta para asegurarse de que la bala no se descarrilaría en el camino hacia su objetivo.

Los equipos 3 y 4 optaron por diseños distintos que no se veían tan impresionantes. ¿Qué hizo entonces el equipo 2? Se robó la idea. Súbitamente, la competencia se redujo a la incógnita de cuál de los dos equipos —1 y 2—, sería capaz de unir las cartas con mayor rapidez.

Utilización de las técnicas de lluvia de ideas y creación rápida de prototipos en la vida real

Por supuesto, en la vida real no siempre es posible observar al otro lado del cuarto para robarse las ideas de los competidores. Sin embargo, el proyecto de la Carrera de balas de cañón introdujo los métodos de lluvia de ideas y prototipos rápidos de Ideo que, finalmente, alentaron a los equipos a dejar el titubeo para comenzar a hacer cosas. Lo que se obtiene "al iniciar el vuelo" no es tan malo como pudiera pensarse; de hecho, a menudo es mejor que lo que se logra trabajando en forma lenta y deliberada. Además, generar algo —lo que sea— casi siempre representa la mitad de la batalla.

Los 15 participantes terminaron esta experiencia con ideas diferentes de cómo abordar incluso el más simple de los proyectos. Un participante del equipo 2 señaló: "Me gustó la forma en que se demostró que no es necesario gastar demasiado dinero para elaborar prototipos. Uno puede hacer, por sí mismo, muchos modelos basados en prueba y error sin tener que pagar a otros sólo para descubrir que algo no funciona". Un compañero de equipo agregó: "Cuando regresé a mi trabajo al día siguiente, convoqué a una sesión de lluvia de ideas emergente y establecí una meta de 100 ideas en una hora. Pensé que tal vez obtendríamos 50. Obtuvimos 103." ¿Recomendaría el taller a sus colegas?, "¿Es una broma?, ¡Por supuesto!" Sin embargo, la opinión de estos participantes podría estar sesgada. Después de todo, el equipo 2 ganó.

Adaptado de "Staying Smart: A Day at innovation U." por Ed Brown, *Fortune*, 12 de abril de 1999, pp. 163-165.

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Los miembros del equipo de proyecto de diseño ingenieril deben ser capaces de expresarse y comunicarse con el resto del equipo para contribuir al éxito general.
- El equipo de diseño avanza a través de cinco etapas durante el proceso de diseño. Cada etapa ayuda al equipo a refinar el diseño hasta que satisface todos los requerimientos del producto.
- Los modelos son importantes para probar la forma en que se ensamblan las partes. Para probar el diseño, el equipo utiliza tanto modelos a escala creados en un taller como modelos generados por computadora.
- Durante el proceso de diseño, todos los miembros del equipo deben entender sus papeles específicos y la forma en que deben relacionarse e interactuar con el resto de los integrantes. Un trabajo en equipo eficaz resulta esencial para el proceso de diseño.
- Los dibujos finales creados en el proceso de diseño incluyen los dibujos de ensamblaje, de funcionamiento, de diseño y de patente.
- Durante el proceso de diseño se hacen muchas modificaciones a los dibujos. El dibujante debe dar seguimiento a todas las versiones y registrar los cambios realizados.
- Los modelos representan una alternativa importante para probar la forma en que se ensamblan las partes. El equipo de diseño utiliza tanto los modelos creados en un taller como los modelos de realidad virtual generados por computadora para probar sus diseños.
- La comunicación gráfica es el lenguaje universal utilizado por todos los equipos de ingeniería que diseñan y desarrollan productos alrededor del mundo.
- El dibujo técnico se basa en los principios universales de geometría descriptiva, desarrollados a finales del siglo XVIII en Francia.
- Todos los dibujos técnicos se basan en estándares que establecen el significado de cada símbolo, línea o arco.
- La herramienta que en la actualidad se emplea para crear dibujos escalados con precisión es una computadora que ejecuta software de CAD, pero los principios básicos de dibujo son los mismos que se han utilizado por cientos de años.
- Los dibujos se basan en la proyección de una imagen en un plano de proyección. Existen dos tipos de proyección: paralela y perspectiva.
- Las compañías exitosas contratan personas capacitadas que pueden añadir valor a su equipo de diseño. Una habilidad requerida por los empleadores es la capacidad de comunicarse claramente de manera verbal, simbólica o con gráficos técnicos.

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Cuál es el papel del ingeniero en el equipo de diseño?
2. ¿Cuáles son las cinco etapas del proceso de diseño? Describa cada una de ellas.
3. ¿Cuál es la diferencia entre un dibujo mecánico y un bosquejo?
4. Describa la diferencia principal entre la proyección paralela y la proyección perspectiva.
5. ¿En qué momento el bosquejo es una forma adecuada de comunicación gráfica?
6. ¿Por qué son tan importantes los estándares para los miembros del equipo de diseño ingenieril?
7. ¿Cuál es la herramienta novedosa más importante que utilizan los dibujantes?
8. ¿Qué es un plano de proyección?
9. ¿Qué son los proyectores y cómo se dibujan?
10. ¿Cuáles son los requerimientos especiales de un dibujo de patente?
11. Mencione tres técnicas de creatividad individual y dos de creatividad en grupo.
12. ¿Cuáles son las ventajas del modelado en computadora? ¿Cuáles son las desventajas?

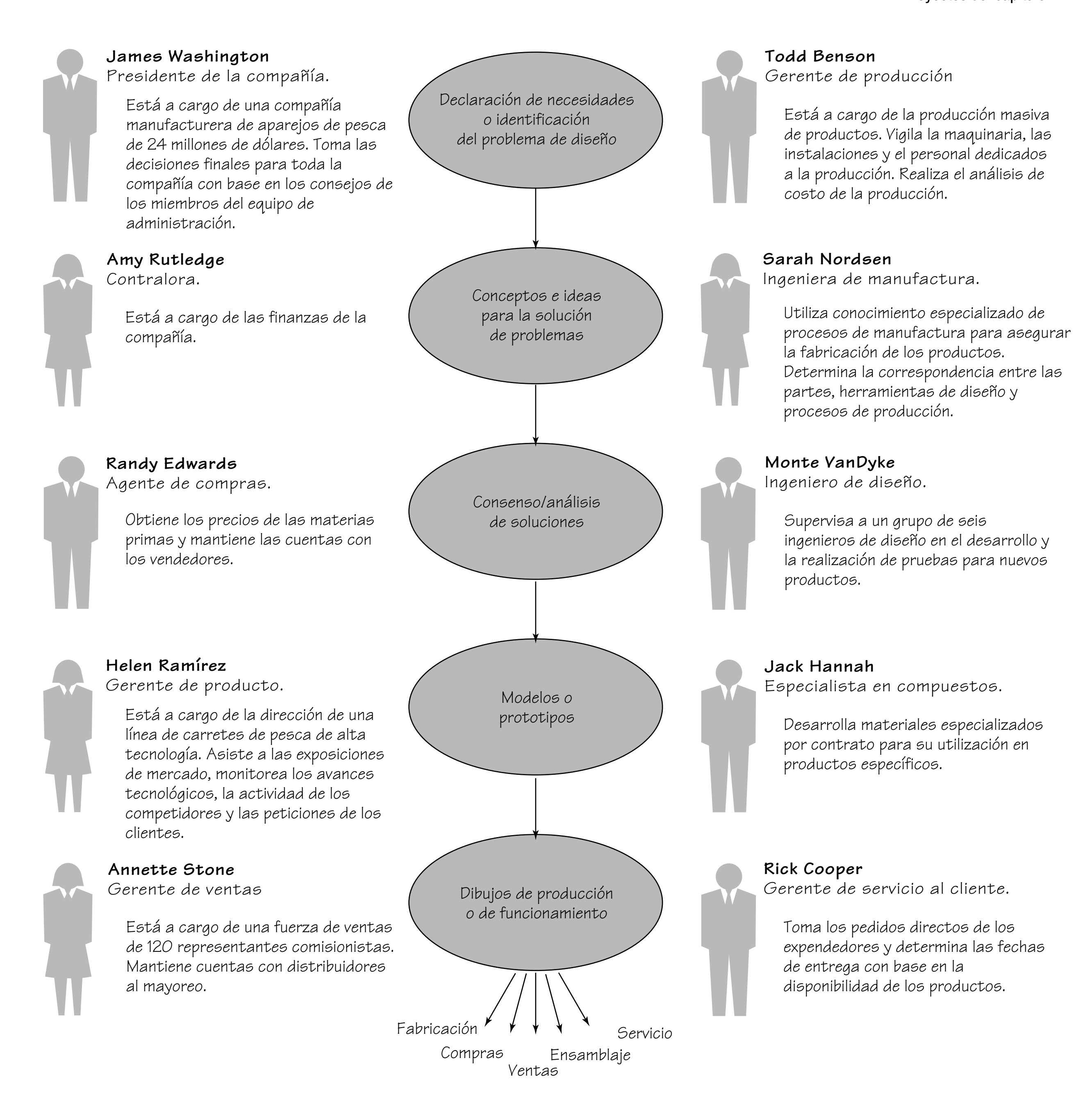
PROYECTOS DEL CAPÍTULO

Si es necesario, consulte la sección adecuada del capítulo para verificar sus respuestas.

Proyecto 1.1 Defina los siguientes términos de acuerdo con la forma en que se aplican al proceso de diseño: declaración de necesidades, concepto, soluciones consensadas, prototipo, esquema de diseño.

Proyecto 1.2 Elabore un diagrama de flujo que presente el proceso de diseño de acuerdo con su visión particular.

Proyecto 1.3 La compañía hipotética de aparejos de pesca "Flies R Us" ha contratado sus servicios para reestructurar su proceso de diseño e incrementar su rendimiento. Lea las descripciones de puesto y el diagrama de flujo de la figura 1.24 y decida las etapas del proceso de diseño en las que debería involucrarse cada miembro del equipo. Elabore un diagrama de flujo que ilustre las nuevas relaciones jerárquicas de estos individuos y grupos.



■ **FIGURA 1.24** ■ Descripciones de puesto y diagrama de flujo de diseño para “Flies R Us”.

Proyecto 1.4 Use la figura 1.24 y su diagrama de flujo del proyecto 1.3 como guía para contestar lo siguiente:

¿Qué tipo de información necesita Randy Edwards antes de solicitar materias primas para la manufactura de un nuevo producto?

¿Hasta qué punto debería estar involucrado Todd Benson en el proceso de diseño y por qué?

¿Qué podría pasar si Rick Cooper estuviera fuera del ciclo de comunicación?

¿Es probable que Annette Stone vea un prototipo?

¿A cuáles miembros del equipo ha incluido Monte VanDyke en sus botones de marcado rápido telefónico?

Capítulo

2

Introducción a CAD y al modelado sólido

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Listar los componentes básicos de una estación de trabajo para dibujo asistido por computadora.**
2. **Describir las relaciones entre el dibujo asistido por computadora (CAD) y la manufactura asistida por computadora (CAM).**
3. **Mencionar las partes más importantes de una computadora y describir sus funciones.**
4. **Describir el propósito del sistema operativo de la computadora.**
5. **Mencionar varios dispositivos de entrada y salida.**
6. **Describir formas en las que una computadora almacena información.**
7. **Explicar las diferencias entre ROM y RAM.**
8. **Explicar las diferencias entre bit y byte.**
9. **Entender los aspectos implicados en la elección y el uso de un sistema CAD.**
10. **Explicar las características comunes a la mayor parte del software para CAD.**
11. **Analizar el modelado sólido, el modelado paramétrico, la creación de prototipos y la creación rápida de prototipos.**

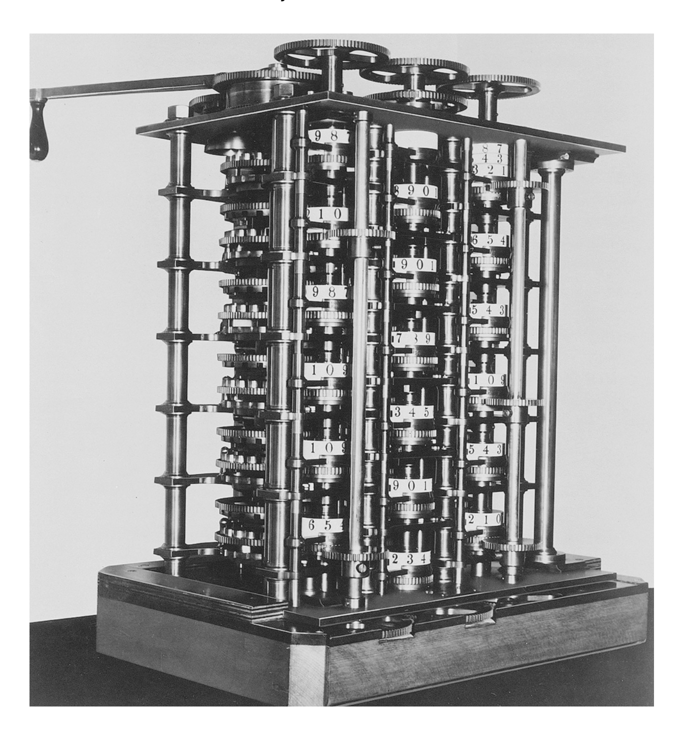
PANORAMA

En la actualidad, el uso de computadoras en la ingeniería, los negocios y la industria es bien conocido. La computadora ha agilizado los procedimientos de contabilidad y fabricación, así como los conceptos de ingeniería. La integración de computadoras al proceso de producción, desde el diseño hasta la mercadotecnia pasando por la creación de prototipos y la manufactura, está cambiando los métodos utilizados en la educación y capacitación de técnicos, dibujantes, diseñadores e ingenieros.

La ingeniería en particular es un campo que se actualiza constantemente. A medida que evolucionan nuevas teorías y prácticas, se desarrollan y perfeccionan herramientas más potentes que permiten al ingeniero y al diseñador mantenerse actualizados en relación con el creciente cuerpo de conocimientos técnicos. La computadora se ha convertido en una herramienta indispensable y eficaz para el diseño y la resolución de problemas prácticos. La influencia de ésta en la ingeniería y la práctica industrial actuales ha traído consigo nuevos métodos para el análisis y el diseño, la creación de dibujos técnicos y la resolución de problemas de ingeniería, así como el desarrollo de nuevos conceptos en automatización y robótica.

Las computadoras no son nuevas. Charles Babbage, un matemático inglés, desarrolló la idea de una computadora digital mecánica en la década de 1830 y muchos de los principios de su diseño (vea la figura 2.1) constituyen la base de las computadoras actuales. La ciencia-ficción ha presentado a la computadora como una máquina misteriosa, fría y a menudo siniestra, pero en realidad es sólo una herramienta. Puede almacenar datos, ejecutar funciones lógicas básicas y realizar cálculos matemáticos. Las aplicaciones de la computadora han expandido las capacidades humanas a tal grado, que prácticamente todos los negocios e industrias la utilizan de manera directa o indirecta.

■ **FIGURA 2.1** ■ Un modelo en funcionamiento de la “maquina diferencial” de Charles Babbage, cuyo diseño original se registró en 1833. *De la New York Public Library Picture Collection.*



2.1 ■ SISTEMAS Y COMPONENTES DE UNA COMPUTADORA

Los ingenieros, dibujantes y diseñadores han utilizado computadoras por muchos años para realizar los cálculos matemáticos requeridos en sus trabajos; sin embargo, hace relativamente poco tiempo que la computadora ha sido aceptada como una herramienta necesaria en la preparación de dibujos técnicos. De manera tradicional, los dibujos se hacían mediante el uso de instrumentos de dibujo y la aplicación de tinta, lápiz o grafos sobre papel o película. Las revisiones y reproducciones de estos dibujos consumían tiempo y, con frecuencia, una buena cantidad de dinero. Ahora la computadora se emplea para producir, modificar, almacenar, enviar y transmitir dibujos originales. Este método para producir dibujos se llama *diseño asistido por computadora* o *dibujo asistido por computadora* (CAD) y *dibujo y diseño asistidos por computadora* (CADD). En virtud de que éstos y otros términos comparables se usan como sinónimos, y debido a que la industria y los creadores de software han comenzado a estandarizarlos, a lo largo de este libro se hará referencia a ellos simplemente como CAD.

A menudo, otros términos como *manufactura asistida por computadora* (CAM), *manufactura integrada por computadora* (CIM) e ingeniería asistida por computadora (CAE), se utilizan junto con el término “CAD”. La expresión CAD/CAM se refiere a la integración de



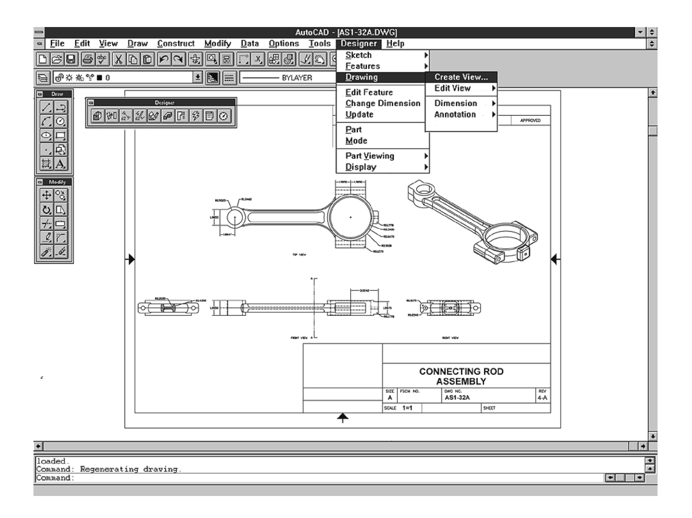
■ **FIGURA 2.2** ■ Herramienta de corte de una máquina guiada por CAD/CAM. *Cortesía de David Sailors.*

computadoras en los procesos de diseño y producción (vea la figura 2.2). El término "CAD/CAE/CAM/CIM" describe el uso de computadoras en el proceso total de producción, desde el diseño, el proceso y la producción, así como la publicación de material técnico, mercadotecnia y contabilidad de costos. El único concepto al que CAD hace referencia a este término es al uso de una computadora y software para ayudar al diseñador o dibujante en la preparación y ejecución de una tarea.

Los *gráficos de computadora* constituyen un campo muy amplio que abarca la creación y manipulación de imágenes generadas por computadora y se extiende hasta la fotografía, la cartografía, la animación, las publicaciones, así como al dibujo y el diseño.

Un sistema de computadora completo consta de *hardware* y *software*. Las deferentes piezas del equipo físico que forman un sistema de computadora son conocidas como hardware. Los programas e instrucciones que permiten que el sistema de computadora opere se conocen

■ **FIGURA 2.3** ■ Pantalla del sistema operativo de Windows XP. *Derechos reservados © 2002,* Frookes Software, Suiza.



■ **FIGURA 2.4** ■ AutoCAD es un programa de aplicación para dibujo ampliamente utilizado. *Este material ha sido reimpreso con el permiso y bajo los derechos reservados de Autodesk, Inc.*

como software. Los programas de computadora se clasifican ya sea como *programas de aplicación* o como *sistemas operativos*. Los sistemas operativos como DOS, Windows (figura 2.3) y UNIX, son conjuntos de instrucciones que controlan la operación de la computadora y los dispositivos periféricos, así como la ejecución de programas específicos. Este tipo de software también puede proporcionar apoyo para actividades y programas (como control, edición, almacenaje, asignación, administración de datos y diagnósticos de programas de entrada/salida [E/S]), asignar unidades para los dispositivos de E/S, y proporcionar sustento a comandos estándar de sistema y redes.

Los programas de aplicación son el vínculo entre el uso de un sistema específico y las tareas relacionadas —diseño, dibujo, publicación, etcétera— y el programa del sistema operativo general (figura 2.4)



La biblioteca en red para computadoras personales (PC Webopaedia) es un gran sitio para buscar terminología de CAD y computadoras: **http//www.pcwebopaedia.com/CAD.htm**. También, **www.3dcafe.com** es un buen sitio para ver lo que sucede en la comunidad CAD para bajar modelos útiles, guías o texturas, así como para buscar en el registro de trabajos.

2.2 ■ TIPOS DE COMPUTADORAS

Las computadoras pueden clasificarse en dos tipos: *analógicas* o *digitales*. Una computadora analógica mide de manera continua y sin pasos, mientras que la computadora digital cuenta por dígitos, a partir de uno a dos, a tres y así sucesivamente, en pasos distintos. Dos ejemplos de dispositivos analógicos son un reloj de pared con manecillas para indicar los minutos y las horas, y el velocímetro de un automóvil mediante engranes. Un reloj digital es ejemplo de dispositivos electrónicos digitales. Las computadoras digitales se usan con mayor amplitud que las analógicas porque son más flexibles y pueden realizar una variedad más grande de trabajos.

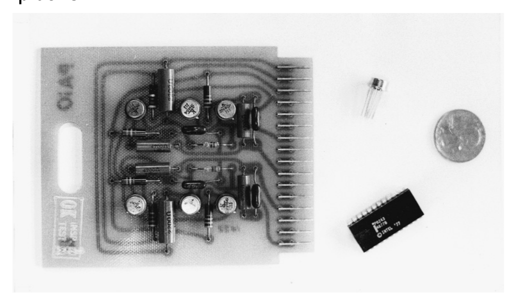


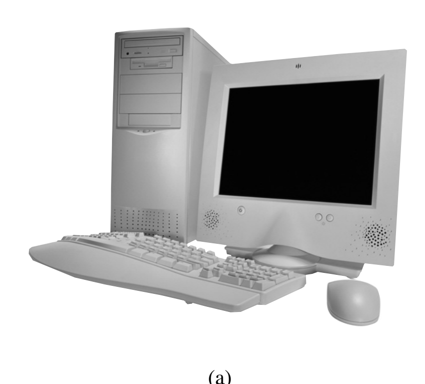
■ **FIGURA 2.5** ■ Tecnología CAM avanzada utilizada en la producción de pantallas de alta resolución (*High Resolution Color Picture Tube*). *Cortesía de Zenith Electronics Corporation y Charlie Westerman.*

Por lo general, las computadoras analógicas se utilizan para la resolución de problemas matemáticos. Este tipo de computadoras, que miden propiedades físicas continuas, se usa con frecuencia para supervisar y controlar equipos electrónicos, hidráulicos o mecánicos. Las computadoras digitales tienen aplicaciones extensas en negocios y finanzas, ingeniería, control numérico, gráficos de computadora y en CAD (figura 2.5).

Los dos tipos de computadoras han experimentado grandes cambios en su apariencia y operación. El equipo que alguna vez ocupó la mayor parte de una sala amplia, ahora ha sido sustituido por máquinas que ocupan un área pequeña sobre un escritorio. El avance más importante en la tecnología de las computadoras ha sido desarrollado mediante el *circuito integrado* (IC). El chip de IC ha reemplazado a miles de componentes en las tarjetas de *circuitos impresos* (PC) y ha hecho posible el desarrollo de los microprocesadores. Un

■ **FIGURA 2.6** ■ Comparación de tamaños entre una tarjeta de PC y un Chip de IC.





(a)



(b)

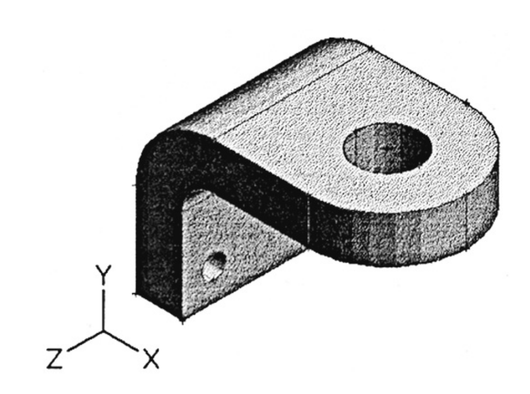
■ **FIGURA 2.7** ■ (a) Computadora con procesador Intel® Pentium®. *Ryan McVay/PhotoDisc/Getty Images.* (b) Laptop. *Cortesía de EyeWire/Getty Images.*

microprocesador es la unidad de procesamiento de una computadora. La diferencia de tamaño entre una tarjeta de PC con componentes individuales y un chip de IC se muestra en la figura 2.6. El término "microminiaturización" se aplica a la tecnología de chips de circuitos integrados. La evolución de esta tecnología ha conducido al aumento en la producción de microcomputadoras a bajo costo. Las microcomputadoras son responsables en gran medida del incremento en el uso de los sistemas de dibujo asistido por computadora en la industria. Ahora, los sistemas CAD para microcomputadoras pueden justificarse para su utilización en la industria debido a su bajo costo (figuras 2.7 a-b).

2.3 ■ DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA

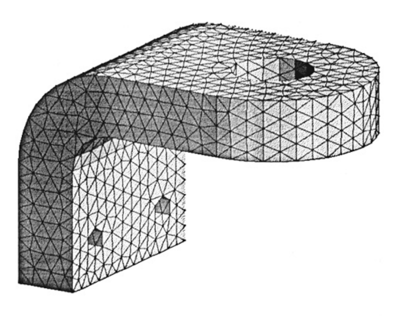
La primera demostración de la computadora como herramienta de diseño y dibujo se dio en el Massachussets Institute of Technology en 1963 por el Dr. Ivan Sutherland. Su sistema llamado "Sketchpad", utilizaba un tubo de rayos catódicos y una pluma de luz para las entradas gráficas a una computadora. Un sistema más antiguo, llamado SAGE, fue desarrollado en la década de 1950 para el Air Defense Command y utilizaba la pluma de luz para la introducción de datos. El primer sistema comercial de dibujo asistido por computadora fue presentado en 1964 por International Business Machines (IBM).

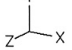
Han ocurrido muchos cambios desde la introducción del primer sistema CAD; éstos se deben al advenimiento del microprocesador, a software más sofisticado y a nuevas aplicaciones industriales. En la mayoría de los casos, el dibujante, diseñador o ingeniero puede crear, modificar, obtener impresiones (copias duras), almacenar dibujos fácilmente, y utilizando menos espacio en un corto tiempo. En su origen, el CAD fue utilizado para ayudar en la creación de dibujos de producción. El surgimiento del software para CAD tridimensional hizo evidente que un modelo de computadora tridimensional (figura 2.8) podría ayudar no sólo en la fabricación de la parte sino también, junto con su base de datos tridimensional, en las pruebas al diseño con programas de análisis elemental finito (figura 2.9), en el desarrollo de manuales técnicos (y otra documentación que combinara ilustraciones del diseño con texto proveniente de programas procesadores de texto) y en la mercadotecnia (pueden usarse modelos sólidos en tres dimensiones con un programa de presentación y animación). Los defensores del CAD destacan con frecuencia dos de sus ventajas principales: el aumento en la productividad y la eficiencia de costos. Además, las estaciones de CAD pueden vincular-

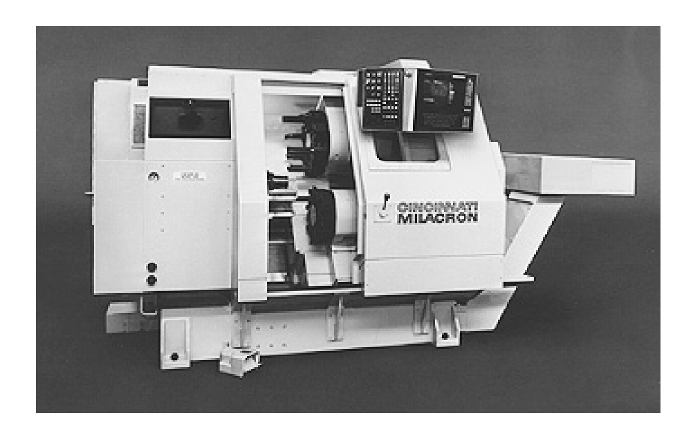


■ **FIGURA 2.8** ■ Un modelo sólido de CAD para el soporte de bola que forma parte del gancho de un remolque. *De* Machine Design: An integrated Approach *por Robert Norton, © 1996. Reimpreso con autorización de Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ.*

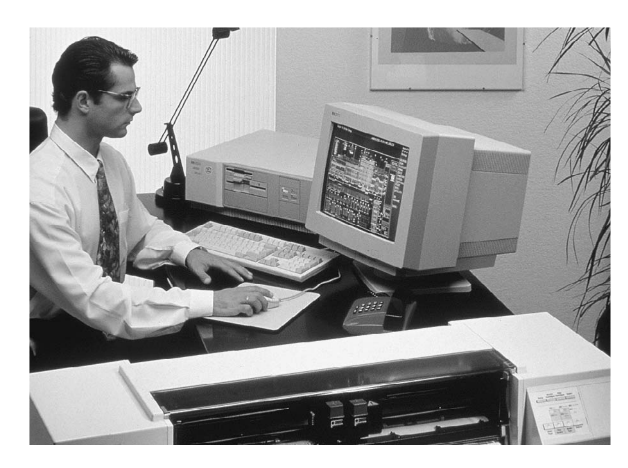
■ **FIGURA 2.9** ■ Un análisis de elemento finito (FEM) aplicado al modelo sólido de la ménsula de bola. *De* Machine Design: An integrated Approach *por Robert Norton, © 1996. Reimpreso con autorización de Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ.*







■ **FIGURA 2.10** ■ Trabajo de computadoras con máquinas de control numérico CN en la industria moderna. Éste es un ejemplo de un centro de torneado de cuatro ejes con una computadora de control numérico (CNC).



■ **FIGURA 2.11** ■ Los sistemas CAD completos necesitan dispositivos de entrada, de salida y de almacenamiento y una unidad central de procesamiento. *Cortesía de Hewlett-Packard Company.*

se al equipo de fabricación o producción de manera directa o a través de una *red de área local* (LAN), o pueden ligarse con equipo de *control numérico* (CN) para programar de manera automática máquinas de CN en operaciones de manufactura avanzada o en robótica (figura 2.10).

Los principales usuarios del CAD trabajan en ingeniería mecánica, diseño electrónico, ingeniería civil, cartografía y arquitectura. El diseño y configuración de circuitos integrados es una de las aplicaciones principales del CAD en la industria electrónica, la cual, antes de 1976, era el usuario más grande de CAD. Desde entonces, la ingeniería mecánica se ha superado gracias a la electrónica utilizada en las computadoras y continúa expandiendo las aplicaciones y usos del CAD. Se espera que esta expansión continúe porque el diseño, el análisis y las capacidades de control numérico del CAD pueden aplicarse a una gran variedad de productos y procesos. También ha crecido el uso del CAD en cartografía, presentación de datos sísmicos, análisis demográfico, planeación urbana, diseño de tuberías y en especial en el diseño arquitectónico. Un área relativamente nueva en los gráficos de computadora es el *procesamiento de imágenes*, el cual incluye animación, preparación de diapositivas de 35 mm, mejoramiento del color, y generación de fuentes y caracteres (usada en transmisiones de televisión y en la industria de las artes gráficas).

2.4 ■ CONFIGURACIONES DE SISTEMAS CAD

Todos los sistemas de dibujo asistido por computadora consisten en componentes de hardware similares (figura 2.11): dispositivos de entrada, una unidad central de procesamiento, dispositivos para el almacenamiento de datos y dispositivos de salida. Como dispositivos de entrada, el sistema tendrá uno o más de los siguientes elementos: teclado, ratón, *trackball*, tableta digitalizadora de gráficos o pluma de luz. Para sus salidas, el sistema CAD incluirá dispositivos como graficadores, impresoras y algún tipo de monitor. El sistema también debe tener un dispositivo de almacenamiento de datos como una unidad de cinta, una unidad de disco duro (fijo), suave (floppy) y memoria USB (Bus Serial Universal), o una unidad de disco óptico. Por último, se necesita una unidad central de procesamiento (CPU) para realizar todas las manipulaciones numéricas y controlar todos los demás dispositivos conectados al sistema.

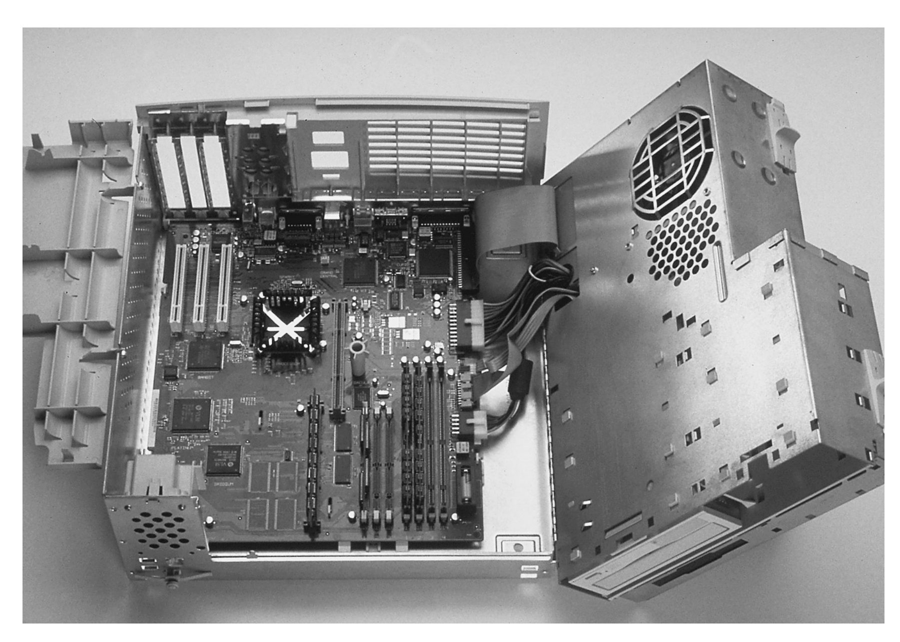
Con frecuencia algunos dispositivos se combinan. Por ejemplo, una terminal puede contener el teclado, el monitor, las unidades de disco y el CPU, todos en el mismo gabinete. A menudo, un dispositivo combinado de este tipo recibe el nombre de *estación de trabajo* (figura 2.12).

2.5 ■ UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO

La CPU (figura 2.13) recibe todos los datos y administra, manipula y controla todas las funciones del sistema CAD. Los sistemas CAD utilizan computadoras digitales, donde

■ **FIGURA 2.12** ■ Una potente estación de trabajo. *Cortesía de Sun Microsystems.*





■ **FIGURA 2.13** ■ Interior del gabinete de una computadora: se aprecian la tarjeta madre donde se conecta el microprocesador o CPU.

todos los datos deben convertirse en forma o código binario para que la computadora realice el procesamiento y los acepte. Este código recibe el nombre de *instrucciones decimales codificadas en forma binaria* (CD-DI). Dicho código utiliza un sistema de dos dígitos, 1 y 0, para transmitir todos los datos a través de los circuitos. El número 1 es la señal de "encendido"; el 0 es la señal de "apagado". Un *bit* es un dígito binario, los bits se agrupan u organizan en instrucciones más grandes. La longitud de *palabra (word)*, que se expresa en bits, difiere entre las distintas computadoras. Las longitudes de palabra más comunes son 16 y 32; esta longitud indica el tamaño máximo de palabra que puede ser procesado como una unidad durante un ciclo de instrucción. A menudo, las computadoras se categorizan por su longitud de palabra, como las computadoras de 16 bits o de 32 bits. El número de bits en la longitud de palabra indica la potencia de procesamiento de la computadora (entre mayor sea la longitud de palabra mayor será el poder de procesamiento). Un grupo secuencial de bits adyacentes en una computadora se llama *byte*. El estándar actual de la industria es que 1 byte equivale a 8 bits. Un byte representa un carácter que es operado como una unidad por el CPU. La longitud de palabra en la mayoría de los sistemas de computadora actuales es de 4 bytes, lo que significa que cada palabra ocupa una ubicación de 32 bits. Por lo tanto, la capacidad de memoria de una computadora se expresa como un número de bytes en lugar de un número de bits.

Aunque en rigor la CPU es sólo el microprocesador de una computadora, el uso del término ha extendido esta designación a todo el gabinete de la computadora; dentro de éste reside la tarjeta madre, las tarjetas adaptadoras de los periféricos y el cerebro de la computadora: el microprocesador (figura 2.13). El trabajo del microprocesador es ejecutar las instrucciones de los programas de software.

La velocidad del microprocesador se especifica en *megahertz* (MHz) y su potencia se mide en *millones de instrucciones por segundo* (MIPS). Este chip está montado en la tarjeta de circuitos principal, conocida como *tarjeta madre*, a la que también se conectan los chips de memoria, el suministro de energía, los puertos de conexión (donde se conectan los cables externos), los módems internos, las tarjetas de video, de red, de sonido y la tarjeta controladora del disco duro.

La memoria de la computadora se almacena en tarjetas con pequeños circuitos llamados *módulos de memoria sencillos en línea* (SIMMs por sus siglas en inglés). La mayoría de los SIMMs son para la memoria principal, llamada la *memoria de acceso aleatorio* (RAM). Esta memoria es provisional: cuando se apaga la computadora, se borra la información que contiene. Los programas de software y los archivos del usuario se almacenan en RAM cuando el programa está activo. Entre más memoria RAM tenga una computadora, más programas se pueden correr al mismo tiempo; si no se tiene suficiente, habrá dificultades incluso al correr un solo programa grande.

En la tarjeta madre también existe una memoria permanente, la cual se llama *memoria de sólo lectura* (ROM). Cuando la computadora se apaga, los chips de ROM no pierden lo almacenado en ellos. Estos chips contienen software básico del sistema operativo, como programas de diagnóstico simple que revisan al mismo sistema para asegurarse de que todos los circuitos y dispositivos operen cuando la computadora se enciende. Un tipo especial de memoria ROM recibe el nombre de *flash* ROM, y puede ser reprogramada, mientras que la memoria ROM normal no puede reprogramarse.

La tarjeta madre contiene ranuras para dispositivos periféricos (vea la figura 2.14.) Algunas de las tarjetas que con mayor frecuencia se conectan a la tarjeta madre son



■ **FIGURA 2.14** ■ Chips de computadora típicos utilizados en CPUs. *Cortesía de Intel Corporation.*

para módems internos, despliegue de video e interfaz de red. Estas tarjetas se comunican con el microprocesador a través de una ruta eléctrica llamada *bus*, que es un sistema que permite que la información eléctrica sea compartida entre todos los dispositivos conectados a la tarjeta madre. Los buses de computadora tienen límites de velocidad; ésta se mide en megahertz, como en el caso del CPU. Entre más rápido sea el bus, más rápidamente podrá transportarse la información a la computadora.

El panel trasero del CPU contiene una serie de puertos de conexión. Cada tipo de puerto, para diferente tipo de uso transfieren datos en forma distinta; cada uno corresponde a un cable específico que conecta al CPU con un dispositivo periférico externo. Por ejemplo, la mayoría de las impresoras utilizan un conector D de 25 pines para conectarse al puerto paralelo. El teclado y el ratón tienen, cada uno su propio puerto de conexión (por lo general, un pequeño puerto redondo). Muchas de las tarjetas dentro del gabinete tienen puertos de conexión unidos a la tarjeta, los cuales sobresalen en la parte trasera del CPU. Por ejemplo, el monitor se conecta al puerto de la tarjeta de despliegue de video, la línea del módem telefónico se conecta a un puerto en la parte trasera del módem interno y el cable de LAN se conecta al puerto que se encuentra en la parte trasera de la tarjeta de interfaz de red.

2.6 ■ DISPOSITIVOS DE DESPLIEGUE

Otro factor importante del rápido crecimiento en los sistemas CAD ha sido la mejora de los dispositivos de despliegue. Conocidos más comúnmente como monitores (figura 2.15), utilizan una amplia variedad de principios para la presentación de imágenes. Cada dispositivo tiene características definidas en relación con su brillantez, claridad, resolución, tiempo de respuesta y color. El propósito de cualquier despliegue gráfico es proyectar una imagen sobre una pantalla. La imagen desplegada puede ser alfanumérica (símbolos de texto, letras o números) o gráfica (símbolos pictóricos o líneas). Los usuarios de los sistemas CAD interactivos se comunican en forma directa o indirecta a través de las terminales gráficas. La información solicitada por el usuario puede desplegarse como figuras animadas, gráficos, diagramas con claves de color o simplemente como una serie de líneas.



■ **FIGURA 2.15** ■ Monitor de 21” para imágenes de CAD con alta resolución. *Cortesía de NEC Technologies, Inc.*

La mayoría de los sistemas CAD interactivos utilizan un monitor de exploración por puntos. Los dispositivos *de exploración por puntos* son similares a las pantallas de televisión convencionales. Éstas producen una imagen con una matriz de puntos coloreados, llamados *píxeles*, dentro de una malla o cuadrícula. Cada píxel es una imagen oscura o clara que aparece en la pantalla como un punto. Como en la televisión convencional, un haz de electrones se dispara a través de toda la pantalla, línea por línea, de arriba abajo. En este proceso, la exploración por puntos, una señal enciende o ilumina un píxel de acuerdo con un patrón almacenado en memoria. La pantalla se explora alrededor de 60 veces por segundo para actualizar la imagen.

La mayoría de las computadoras para CAD utilizan una pantalla de 17 o 21 pulgadas, estos tamaños se miden en forma diagonal a través del frente de la pantalla. La imagen en el monitor es generada por la tarjeta de despliegue de video; dichas tarjetas determinan la resolución de la pantalla y el número de colores. La resolución estándar del *arreglo gráfico de video* (VGA, *video graphics array*) es de 640 $\times$ 480 píxeles. Entre más píxeles por pulgada haya, mayor será la resolución y más fácil será leer detalles en el monitor. Los monitores con pantalla grande pueden crear imágenes con 1,600 píxeles en forma horizontal y 1,200 de manera vertical, o incluso más.

Además de la resolución, las tarjetas de despliegue de video pueden generar una cierta gama de colores. Una

densidad de color normal es de 256 colores pero, por ejemplo, la calidad fotográfica requiere una densidad de color de 16.7 millones de colores. Una gran cantidad de píxeles y colores en pantalla requiere mucha potencia de procesamiento y memoria de video para dibujar la imagen en el monitor. El microprocesador no puede manejar esta carga por sí solo, por lo que la tarjeta de despliegue de video casi siempre incluye su propia memoria y su propio procesador, llamado *acelerador de gráficos.* Por lo general, las computadoras profesionales de CAD tienen un acelerador de gráficos muy potente que proporciona alta resolución y gran número de colores. Con un acelerador de suficiente potencia, incluso los monitores más grandes y con mayor resolución pueden actualizar la pantalla de forma inmediata. Las tarjetas de despliegue de video más lentas pueden tardar hasta un minuto en redibujar la pantalla. La mayoría de las tarjetas de despliegue de video utilizan un conector estándar VGA de 15 pines; los monitores más grandes pueden requerir hasta cuatro cables separados.

Los monitores de video se clasifican por la velocidad con la que pueden actualizar la pantalla. Hay dos tipos de monitores: de regeneración horizontal y de regeneración vertical. Entre mayor sea la frecuencia de actualización, más agradable será el monitor para la vista; por ejemplo, si se utiliza un monitor con una frecuencia de actualización de sólo 60 Hz, el usuario comenzará a ver un parpadeo en la pantalla después de utilizarla por varias horas, mientras que con una frecuencia de actualización más alta, este molesto parpadeo se reduce en forma considerable. Los monitores grandes y de alta calidad pueden costar tanto como la CPU pero, dado que el empleo de un dispositivo deficiente puede disminuir la productividad del operador, es una inversión a corto plazo.

2.7 ■ DISPOSITIVOS DE ENTRADA

Un sistema CAD puede usar uno o más dispositivos de entrada para crear imágenes en pantalla. Los dispositivos de entrada gráfica se pueden agrupar en tres categorías: (1) *teclado y dispositivos sensibles al tacto*, (2) *dispositivos dependientes del tiempo* y (3) *dispositivos dependientes de las coordenadas*.

El teclado es el dispositivo de entrada universal mediante el que se introducen datos y comandos. Un teclado típico consiste en teclas de caracteres alfanuméricos y símbolos comunes como #, & y %; teclas de control del cursor con palabras o flechas impresas, y teclas de función especiales, las cuales son utilizadas por algunos programas para introducir comandos con un simple golpe de tecla. Muchos sistemas de CAD grandes basados en mainframes han utilizado un tablero especial de funciones o un menú adicional, que permite el acceso a un comando con un simple toque sobre el dispositivo. A tal grado se considera esencial la selección rápida de comandos en términos de costo-eficiencia y facilidad de uso que los desarrolladores de sistemas de CAD basados en mini y microcomputadoras incluyen con frecuencia la característica de acceso a comandos con una o dos teclas. Para ello utilizan las teclas CTRL, ALT, SHIFT y las teclas de función. Casi siempre, un sistema CAD usa un teclado para introducir comandos y texto, y otro dispositivo de entrada para el control del cursor.



(a) Ratón estándar



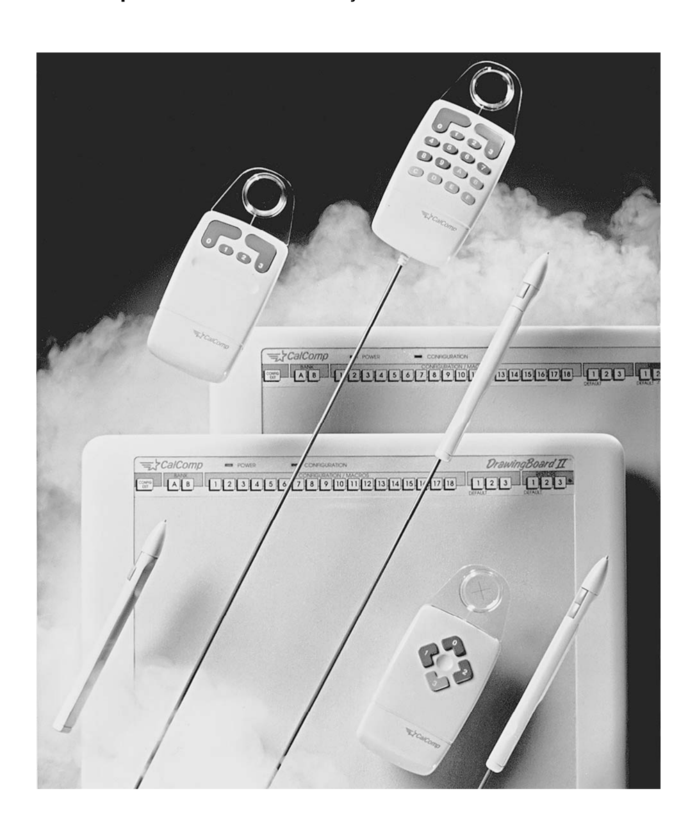
(b) Ratón inalámbrico


(c) IntelliEye de Microsoft Optical Mouse

■ **FIGURA 2.16** ■ Ratones (a-c). *Cortesía de Logitech, Inc. y Microsoft, Inc.*

Un dispositivo de entrada muy popular que utilizan tanto sistemas CAD grandes como pequeños es el *ratón* (figura 2.16 a-c). Un ratón puede ser de tipo mecánico o de tipo óptico. Un ratón mecánico utiliza un rodillo o esfera en la base del dispositivo para detectar movimientos; la versión óptica percibe el movimiento y la posición mediante la emisión de luz sobre una superficie reflejante especial. Estos ratones ópticos se deslizan con más confiabilidad sobre un tapete especial, o *mousepad*, pero también pueden funcionar sobre otras superficies, con la excepción del cristal. La mayoría de los ratones tienen de uno a tres botones en su parte superior para seleccionar posiciones o comandos. El nuevo mouse óptico de Microsoft, Intellieye, viene con dos botones extra. Entre las ventajas de un ratón se destacan su facilidad de uso, un área de trabajo pequeña y un costo relativamente bajo. Sin embargo, un ratón no puede utilizarse para digitalizar dibujos existentes en un formato de CAD.

Las *tabletas digitalizadoras* (figura 2.17) constituyen otro tipo de dispositivo que se usa comúnmente. Pueden usarse para crear un dibujo de CAD original o convertir un dibujo a lápiz y papel existente en un dibujo de CAD. Las tabletas digitalizadoras se utilizan de manera primordial para convertir dibujos existentes al formato CAD. La *resolución* de las tabletas digitalizadoras es importante porque determina qué tan pequeños son los movimientos que puede detectar el dispositivo de entrada (por lo general se expresa en milésimos de pulgada) y depende del número de cables por pulgada existentes en el sistema de malla de la tableta. El área de trabajo sobre la tableta puede tener secciones que son utilizadas como menús para seleccionar comandos CAD. Unido a la tableta habrá un *puck* o un *estilo*. Un *puck* es un pequeño dispositivo manual con una ventana plástica transparente que contiene retículas y transfiere la ubicación del disco sobre la malla de la tableta a la ubicación relativa sobre la pantalla. Los botones simples o múltiples en la parte alta del puck se utilizan para seleccionar puntos o comandos. Un *estilo* se



■ **FIGURA 2.17** ■ Tabletas que incluyen dispositivos de selección: puck y estilos, tanto conectados como inalámbricos. *Cortesía de CalComp Digitizer Division.*

parece a un bolígrafo, sólo que conectado mediante un cable. La punta del estilo percibe la posición sobre la malla de la tableta y envía las coordenadas a la computadora. Cuando el estilo se mueve a lo largo de la tableta, el cursor en pantalla se mueve en la pantalla en concordancia. El estilo también contiene una punta sensible que permite al usuario seleccionar puntos o emitir comandos al presionar el dispositivo contra la superficie.



■ **FIGURA 2.18** ■ Escáneres de formato grande para capturar documentos en forma electrónica. *Cortesía de CalComp Digitizer Division.*

Los dibujos en papel pueden convertirse en dibujos de CAD también mediante el uso de un escáner (figura 2.18). Los escáneres crean archivos de trama o mapa de bits (formadas por puntos), de manera que las imágenes digitalizadas deben convertirse a formato de vectores (dibujo de líneas) antes de ser útiles para el CAD. En el mercado existen varios programas que permiten realizar la conversión de imágenes de mapa de bits a vectores.

Uno de los dispositivos de entrada más antiguos es el *trackball* (figura 2.19 a), el cual se utilizó en muchos sistemas CAD basados en *mainframes* y que con frecuencia estaba incorporado al teclado. Ahora es un dispositivo de entrada muy popular en computadoras portátiles. Un trackball consiste en una esfera anidada en un receptáculo, muy parecido a la parte inferior de un ratón mecánico, y de uno a tres botones para introducir datos de coordenadas en el sistema. Dentro del receptáculo hay sensores que recogen los movimientos de la esfera, la cual se mueve en cualquier dirección con los dedos o la mano para controlar el movimiento del cursor en la pantalla. La velocidad del cursor y las funciones

■ **FIGURA 2.19** ■ *a*) Un trackball. *Foto cortesía de Logitech Inc. b*) Este controlador tridimensional permite al usuario manipular objetos gráficos con ejes *x*, *y* y *z*, y efectuar movimientos de deslizamiento, giro y jalón. *Cortesía de Logitech, Inc.*



(a)



(b)

de los botones pueden ser configuradas por el usuario. En la figura 2.19b se muestra un ratón de pulgar, similar a un trackball, el cual es en realidad un controlador tridimensional. Estos controladores permiten al usuario el diseño y la manipulación de objetos en los ejes *x*, *y* y *z*, así como controlar movimientos de deslizamiento, giro y jalón. Los controladores tridimensionales dan al usuario el control completo de objetos gráficos en seis grados de libertad y se usan con facilidad en aplicaciones de CAD.

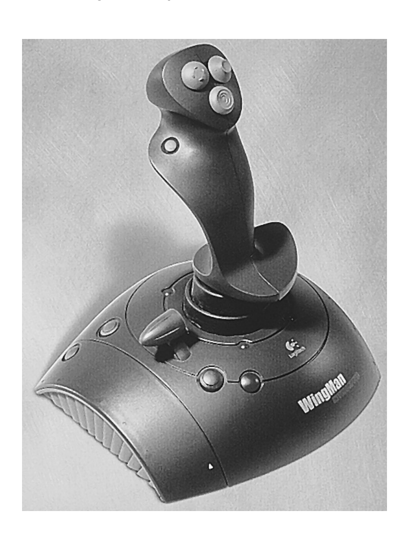
Un *joystick* o palanca controladora (figura 2.20) es un dispositivo de entrada que en la actualidad se usa más comúnmente con videojuegos que con sistemas CAD. El joystick luce como una pequeña caja rectangular con una palanca que se extiende en forma vertical desde la superficie superior de la caja. Esta palanca controlada a mano se usa para manejar el cursor en pantalla e introducir datos de coordenadas. Los botones del dispositivo pueden usarse para introducir ubicaciones de coordenadas o comandos específicos. El joystick no es caro y requiere un área de trabajo muy pequeña, pero no es la mejor elección cuando el posicionamiento preciso del cursor es importante.

La *pluma de luz* es el tipo más antiguo de dispositivos de entrada para CAD que se usa en la actualidad (figura 2.21). Es similar a una pluma con punta giratoria o al estilo utilizado en las tabletas digitalizadoras. Una pluma de luz es un dispositivo fotosensible de uso manual que funciona sólo con monitores de exploración por puntos o de regeneración de vectores y se utiliza para identificar elementos desplegados de un diseño o especificar una ubicación en la pantalla cuando debe realizarse alguna acción. La pluma percibe la luz creada por el haz de electrones mientras explora la superficie del CRT; cuando la pluma se coloca cerca de la pantalla del CRT o la toca, la computadora puede determinar la ubicación y posición del cursor bajo la pluma. Debido a que este dispositivo es el que emula con mayor cercanía el tradicional lápiz de un dibujante, obtuvo una rápida popularidad en el campo del dibujo técnico. En la actualidad se emplea sobre todo en aplicaciones donde se seleccionan botones o áreas de la pantalla, por su rapidez y facilidad de uso.

Otro tipo de dispositivo de entrada es la *pantalla de contacto (touch screen)*, aunque no se utiliza ampliamente en sistemas CAD. Estos dispositivos permiten al usuario tocar con un dedo un área en la pantalla para activar comandos o funciones. La pantalla contiene una malla sensible a la presión que registra la ubicación del dedo y la transfiere a la computadora, la cual activa el comando asociado con esa ubicación específica. Estos dispositivos funcionan bien para la entrada de funciones o comandos, pero son inexactos para la introducción de coordenadas en CAD.

Los *lectores de código de barras* no se utilizan lo suficiente en programas de CAD; sin embargo, pueden ofrecer a los usuarios un modo de etiquetar, rastrear y almacenar datos y diagramas para su uso futuro. (Vea la figura 2.22).

■ **FIGURA 2.20** ■ Joystick o palanca controladora. *Cortesía de Logitech Inc.*

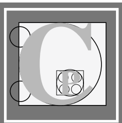




■ **FIGURA 2.21** ■ Pluma de luz. *Cortesía de HEI, Inc.*

■ **FIGURA 2.22** ■ Lector de código de barras. *Cortesía de Worthington Data Solutions.*





Consejos prácticos

Organización de archivos por medio del Explorador de Windows

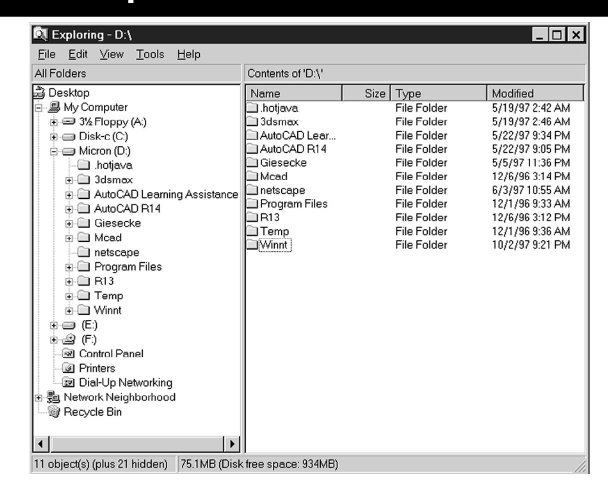
Cuando se utiliza CAD, y en general cualquier otro sistema de computación, resulta importante administrar y respaldar los archivos creados mediante carpetas para su mejor ubicación y orden. Una estructura de directorios bien planeada puede ayudar a mantener los archivos organizados de forma que sea fácil localizarlos y respaldarlos. Se puede pensar en el disco duro de una computadora como en un archivero: un directorio o carpeta es similar a un fólder de cartulina; dentro de cada directorio o carpeta pueden almacenarse archivos (como expedientes de personas o fotografías) u otros fólders.

En la figura A se presenta una estructura de directorios típica de Windows XP/NT 4.0. Los directorios o carpetas están representados por iconos parecidos a fólders. Algunos de ellos contienen archivos de programa, como AutoCAD R14 y Netscape; otros contienen los archivos del sistema operativo, como Winnt (el directorio estándar para la instalación de Windows NT). Otros pueden contener archivos de trabajo del usuario, como documentos escritos a algún cliente. En general, no es buena idea guardar o respaldar archivos de trabajo en los directorios que contienen archivos de programa, porque al actualizar o reinstalar un programa podrían perderse. Es recomendable hacer una copia de respaldo de los discos de instalación de los programas en discos flexibles o en memorias USB; una vez instalados, no es necesario respaldar los archivos de programa porque si éstos se corrompen o pierden es posible reinstalarlos desde sus discos originales o desde las copias de respaldo. También es recomendable respaldar los dibujos de CAD, cartas, hojas de cálculo y otros archivos de trabajo en forma regular para actualizarlo y éstos no se pierdan.

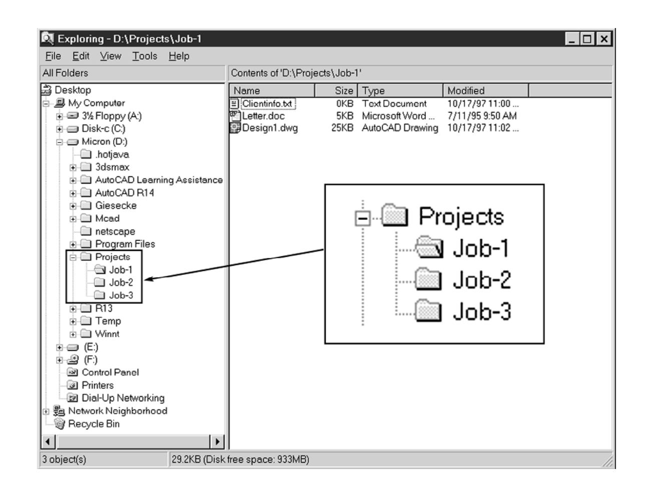
Una buena manera de organizar los archivos es crear un directorio para almacenar en él los archivos de trabajo, al que puede llamarse Proyects (Proyectos). Cuando se trabaja en una firma de ingeniería es común tener varios proyectos y clientes al mismo tiempo; incluso se puede tener un cliente para quien se realicen varios proyectos. Se recomienda crear un subdirectorio para cada trabajo dentro de la carpeta Proyects, con el fin de guardar todos los archivos relacionados con ese trabajo dentro de su carpeta correspondiente, como se muestra en la figura B.

Para asegurarse de guardar los trabajos en sus subdirectorios correspondientes bajo la carpeta Proyects, haga clic con el botón derecho del ratón sobre el acceso directo del programa CAD, seleccione *Properties* (*Propiedades)* en el menú contextual que aparece y especifique la carpeta Proyects en el cuadro *Start in* (*Iniciar en)* de la ficha *Shortcut* (*Acceso directo)* del cuadro de diálogo *Properties* del programa CAD figura C). Éste se convertirá en el directorio predeterminado donde deben guardarse los archivos al correr ese programa.

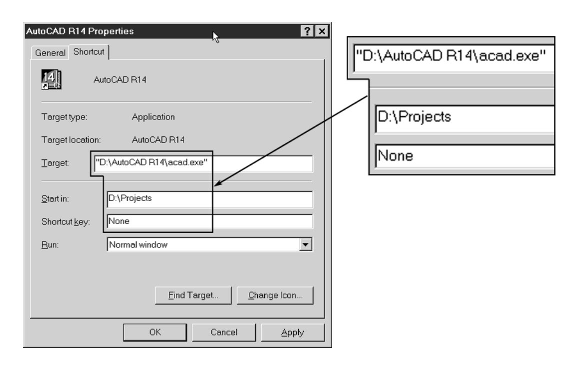
Al mantener los archivos de un proyecto organizados y respaldados con regularidad se ahorra tiempo en la localización de archivos y se evita la pérdida de archivos o información importantes.



(A) Estructura de directorios.



(B) Procedimiento para la organización de archivos por trabajos.



(C) Uso del cuadro de diálogo de propiedades del acceso directo del programa AutoCAD para especificar un directorio predeterminado.

Un desarrollo relativamente reciente en la entrada de datos es la tecnología de *reconocimiento de voz*. Esta tecnología utiliza una combinación de circuitos integrados especializados y software para reconocer palabras habladas. Primero, el sistema deberá reconocer los tonos de voz capturados mediante la repetición de comandos en un micrófono. La computadora digitaliza los comandos orales del operador y almacena sus características. Cuando el operador da un comando oral, el sistema verifica el sonido contra las palabras almacenadas en su memoria y ejecuta el comando. Una desventaja de los sistemas de reconocimiento de voz es que el vocabulario que contiene el sistema es muy limitado. Además, la memoria requerida para almacenar sonidos complejos o patrones de voz puede ser muy grande. Por otro lado, el tiempo que transcurre entre la palabra hablada y la activación del comando puede ser de algunos segundos. Por último, si la voz del operador cambia de alguna manera o las palabras tienen un patrón de voz parecido, es posible que el sistema no reconozca la entrada oral.

2.8 ■ DISPOSITIVOS DE SALIDA

La mayor parte de las veces el usuario de un sistema CAD necesitará un registro de imágenes almacenadas en bases de datos que pueden desplegarse en el monitor. Cuando una imagen se coloca sobre papel, película u otro medio, se le llama *impresión* o *copia dura*, la cual puede ser producida por alguno de los distintos tipos de dispositivos de salida.

Un método empleado comúnmente para producir impresiones es la *matriz de puntos* o graficación por puntos. Estos dispositivos utilizan un proceso llamado rasterización o tramado para convertir imágenes en una trama de puntos. La imagen se transfiere en forma óptica (o algunas veces mediante láser) a la superficie del medio en un tambor de selenio está cargado electrostáticamente. Algunas veces, la imagen puede crearse mediante un conjunto de puntas que cargan en forma eléctrica pequeños puntos sobre el medio. Un graficador de exploración por puntos de alta calidad puede producir una imagen tan fina y con tanta calidad que no resulta obvia la forma en que se produjo a menos que se examine bajo una lupa.

Los *graficadores electrostáticos* (figura 2.23) imprimen al colocar una carga electrostática sobre papel pintado en forma especial mediante un tóner o tinta que se adhiere al área cargada. La geometría de dibujo se convierte, a través de la rasterización, en una serie de puntos. Estos puntos representan el área cargada. La resolución de estos graficadores está determinada por el número de puntos por pulgada (dpi) (desde 300 hasta 1200 dpi, generalmente). Este tipo de graficadores produce impresiones de dibujos en un solo color o en varios con una mayor rapidez que los graficadores de pluma, pero el costo, la potencia y los requisitos ambientales también son mucho más grandes.



■ **FIGURA 2.23** ■ Impresora electrostática. *Cortesía de Houston Instruments una división de CalComp, Canada Inc., Downsview, Canada.*

Una *impresora o un graficador de inyección de tinta* (figura 2.24) produce imágenes depositando sobre el papel pequeñas gotas de tinta, cada una de las cuales corresponde a un punto de los creados en el proceso de rasterización. Este dispositivo coloca una carga sobre la tinta en lugar de hacerlo sobre el papel, como sucede en el proceso electrostático. Los graficadores de inyección de tinta pueden producir imágenes de calidad llenas de color además de los dibujos técnicos estándar.

La tecnología láser representa el punto evolutivo más alto en el ámbito de los graficadores. Una *impresora o graficador láser* (figuras 2.25 y 2.26) utiliza un haz de luz para crear imágenes.



■ **FIGURA 2.24** ■ Impresora de inyección de tinta. *Foto cortesía de CalComp, Downsview, Ontario.*



■ **FIGURA 2.25** ■ Impresora láser. *Cortesía de Hewlett-Packard Company.*



■ **FIGURA 2.26** ■ Impresora láser de gran formato. *Foto cortesía de CalComp.*

Este dispositivo utiliza carga electrostática y exploración por puntos para producir una imagen impresa de muy alta calidad.

2.9 ■ DISPOSITIVOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE DATOS

Como todos los datos conservados en la RAM se perderán cuando se apague la computadora, éstos deben guardarse antes. Los dispositivos de almacenamiento proporcionan un espacio para guardar información de manera permanente para su utilización posterior. Por ejemplo, los programas de CAD residen en un disco; cuando las partes del programa se cargan éstas van a la RAM. Mientras se trabaja sobre un dibujo, todos los datos asociados con ese dibujo se mantienen en la misma memoria temporal. El operador debe guardar en forma periódica el dibujo y los datos asociados en un dispositivo de almacenamiento, y hacerlo especialmente antes de salir del programa o apagar la computadora. De otra forma, todos los datos acumulados en esa sesión de trabajo se perderán. Estos dispositivos de almacenamiento pueden considerarse archiveros electrónicos.

Los principales tipos de dispositivos de almacenamiento son las unidades de disco magnético, de disco óptico y cinta magnética; los más utilizados son los de disco magnético. Las *unidades de disco magnético* pueden ser de disco duro o flexible (*floppy*). Las unidades de disco archivan y leen datos en orden aleatorio; es decir, los datos se escriben en una parte vacía del disco y el dispositivo es capaz de localizarlos casi instantáneamente porque tiene acceso a todo el disco en cualquier momento. Las unidades de disco se clasifican de acuerdo con su tipo, tiempo de acceso, capacidad y velocidad de transferencia.

La *unidad de disco duro* (figura 2.27) es el medio de almacenamiento más común. Este tipo de unidad utiliza un disco recubierto con óxido magnético para guardar los datos y puede ser interna, residir dentro del gabinete o conectarse desde fuera a una ranura especial. Siempre debe estar conectada a una tarjeta controladora que actúa como interfaz entre la unidad y la computadora. La capacidad actual de almacenamiento de estas unidades va desde varias decenas de gigabytes hasta algunos terabytes. El tiempo de acceso se expresa en milisegundos (ms) y va desde 6 hasta 80 ms. Entre menor sea el número de milisegundos más rápido será el funcionamiento de la unidad.

Las *unidades de disco flexible* (figura 2.28) leen y graban datos en discos flexibles, alojados en un plástico rígido, que pueden sacarse para transportar la información. Actualmente, los discos flexibles tienen un diámetro de $3\frac{1}{2}''$ (desde mediados de los ochenta hasta principios de los noventa los más populares fueron de $3\frac{1}{2}''$. La densidad de un disco se refiere a la cantidad de datos que puede alojar. Casi siempre, un disco de $3\frac{1}{2}''$ puede contener hasta 1.44 MB de datos en un formato de alta densidad y dos lados. El *floppy* no es caro y su uso es cómodo, pero su capacidad de almacenamiento de datos es limitada y resulta más lento que las unidades de disco fijas.

■ **FIGURA 2.27** ■ El interior de un disco duro. *Cortesía de Western Digital Corporation.*





■ **FIGURA 2.28** ■ Disco y unidad *floppy* de 3.5 pulgadas. *Foto de Computers, 4/E por Long/Long, © 1996, Reimpreso con permiso de Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ.*



■ **FIGURA 2.29** ■ Disco y unidad zip. *Cortesía de Iomega, Inc.*

Las *unidades zip* (figura 2.29) son unidades para discos magnéticos flexibles de alta capacidad (distintos a los *floppies* comunes) pero con capacidad de almacenamiento de hasta 250 MB en un disco de $3\frac{1}{2}''$. Las más apreciadas características de las unidades zip son su carácter externo y su interfaz SCSI, que posibilitan su transporte y conexión a prácticamente cualquier equipo que tenga un puerto SCSI. También pueden utilizarse para un respaldo efectivo a corto plazo (los discos zip tienen una vida útil de 10 años).

Las unidades jaz son similares a las unidades zip pero sus discos pueden alojar hasta 2 GB (figura 2.30).

En forma similar, los *superdiscos* pueden almacenar hasta 120 MB de datos, mientras que los *cartuchos de datos* de $\frac{1}{4}''$ pueden alojar hasta 20 GB.

La necesidad siempre creciente de capacidades de almacenamiento ha impulsado el desarrollo de nuevas tecnologías. Una de las más recientes utiliza un rayo láser para leer y escribir datos; se conoce como almacenamiento óptico. Los medios de almacenamiento óptico son capaces de alojar muchos gigabytes de datos.

Las *unidades de CD-ROM* son un tipo de unidad óptica. Anteriormente, los discos de CD-ROM se creaban a partir de una matriz; cuando se compraba un CD, éste ya tenía la información digital escrita. Ahora es posible almacenar información en sistemas de CD-ROM, los cuales producen discos WORM (se escribe una vez, se lee muchas, ***w****rite* ***o****nce* ***r****ead* ***m****any*). Los dispositivos WORM permiten que se escriban datos en ellos, pero la información no se puede borrar. Este dispositivo de almacenamiento está diseñado en especial para propósitos de archivo. Las unidades de CD-ROM conocidas como quemadores de CD utilizan un láser para leer y escribir datos en un disco de aluminio cubierto químicamente (figura 2.31). Los datos se "queman" en la superficie del disco mediante el rayo, de manera que la información se vuelve permanente (a diferencia del almacenamiento magnético) y el disco es removible. Los sistemas de CD-ROM grabables pueden almacenar alrededor de 650 MB de información en un solo disco.



■ **FIGURA 2.30** ■ Disco y unidad jaz. *Cortesía de Iomega Corporation.*



■ **FIGURA 2.31** ■ CD-ROM y disco. *Cortesía de NEC Technologies, Inc.*

Manos a la obra 2.1

Especificaciones de su sistema de CAD.

¿Usará un sistema CAD?

Llene la información faltante en los siguientes espacios. Puede utilizar su sistema operativo o preguntar a su agente de soporte técnico.

Resolución del monitor _____ x _____ píxeles.

Espacio total en disco duro _____

Espacio disponible en disco duro _____

Velocidad de la CPU _______________ megahertz.

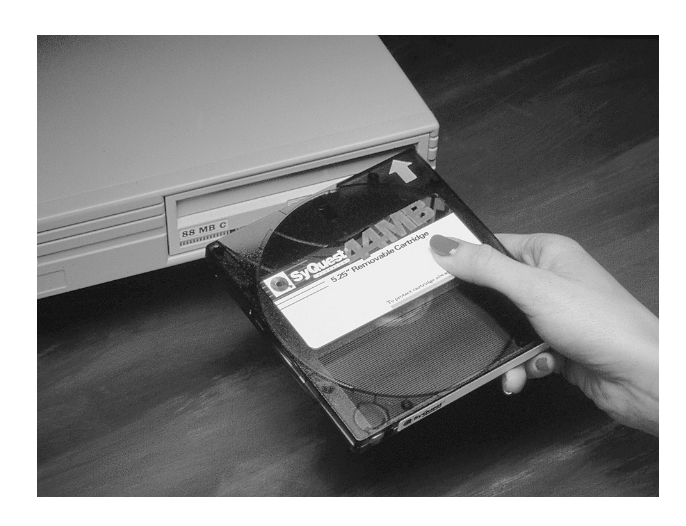
RAM ____________________ megabytes.

Dispositivos de salida ____________________
____

Dispositivos de entrada ___________________
____

Sistema operativo ____________________

Software ____________________________
____
____
____



■ **FIGURA 2.32** ■ Cartucho y unidad de disco óptico. *Cortesía de SyQuest Technology.*

Los *unidades de disco óptico-magnético* (figura 2.32), permiten escribir y borrar datos en discos especiales. Estas unidades utilizan un láser para cambiar el estado de los medios óptico-magnéticos los cuales pueden cambiarse una y otra vez (escribir muchas veces, leer muchas). Como los medios óptico-magnéticos no son sensibles al polvo, como los discos duros, éstos pueden sacarse de la unidad y reemplazarse con un nuevo disco cuando se necesite capacidad de almacenamiento adicional.

El almacenamiento en *cinta magnética* (figura 2.33) utiliza cinta plástica cubierta con partículas magnéticas. Una cabeza de lectura/escritura en la unidad carga las partículas para almacenar información en la cinta. Los datos enviados se registran como una serie de cargas a lo largo de la cinta. Una vez que las partículas se cargan, éstas permanecerán cargadas hasta que la cabeza escribe sobre ellas o son desmagnetizadas. Las unidades de cinta archivan y leen datos en orden secuencial; es decir, deben buscar a lo largo de los datos en el orden en que la cinta se rebobina. (Esto es similar a adelantar y retrasar una cinta de video para buscar una escena específica, o una cinta de audio para tocar una melodía específica). En algunos sistemas de cinta se pueden almacenar varios gigabytes de datos. Los cassettes empleados son similares a los de audio tanto en tamaño como en apariencia. El almacenamiento en cinta se usa esencialmente para respaldar datos de un disco duro, o con fines de archivado.

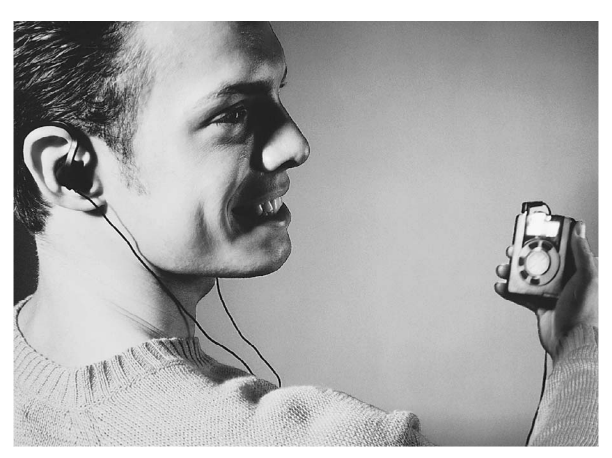
■ **FIGURA 2.33** ■ Sistema de respaldo en cinta. *Cortesía de Iomega, Inc.*

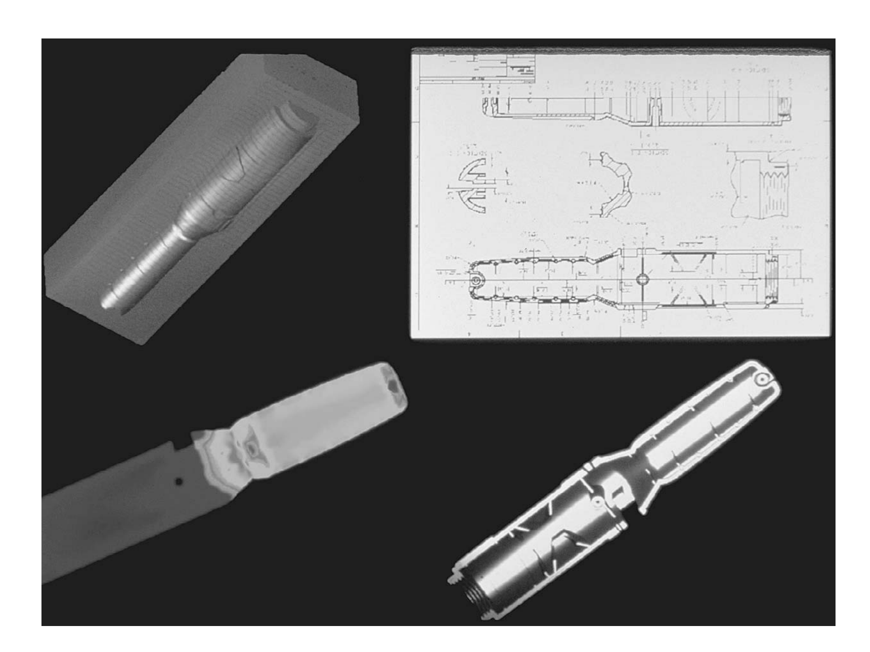


La *memoria flash* se ha convertido rápidamente en una de las tecnologías de almacenamiento portátiles más utilizadas en la actualidad. Las tarjetas de memoria flash pueden almacenar hasta 1 GB de datos. La memoria flash es más robusta y mucho más rápida que un disco duro, y a diferencia de la RAM, estas tarjetas pueden retener datos aún cuando se apague la máquina. Pueden utilizarse con cámaras digitales, laptops, agendas digitales, reproductores MP3s o teléfonos celulares, a través del uso de un lector de tarjetas flash y un puerto USB. (Vea la figura 2.34). Éstas representan una forma confiable y fácil de almacenar y transportar información. La memoria flash también es muy segura; para evitar el uso no autorizado de la información, simplemente se retira la tarjeta flash del sistema. Las tarjetas flash o multimedia constituyen la solución de memoria removible más pequeña hasta la fecha. Algunas son del tamaño de una estampilla postal y muy ligeras para su traslado. Tales tarjetas de almacenamiento pueden transformar dispositivos de bolsillo, como las computadoras u organizadores palm, en una oficina móvil.

Los dispositivos de almacenamiento portátil en cadena que pueden almacenar hasta 256 MB de información pueden transferir archivos entre computadoras, cámaras y otros dispositivos con facilidad, al conectarlos al puerto USB de la computadora. Actúan como una unidad removible y pronto habrá disponible en el mercado modelos con mayor capacidad de almacenamiento.

■ **FIGURA 2.34** ■ Los reproductores de MP3 utilizan la tecnología de memoria flash. *Cortesía de Spike Mafford/PhotoDisc/Getty Images.*





■ **FIGURA 2.35** ■ El software de CAD crea con facilidad diferentes salidas del mismo objeto. *Cortesía de SDRC, Milford, OH.*

2.10 ■ SOFTWARE DE CAD

El software de CAD instruye a la computadora cómo interactuar con el flujo de datos introducido por el usuario por medio de un dispositivo de entrada. Por ejemplo, deja que la computadora "use" fórmulas para resolver preguntas complicadas que requieren un análisis detallado de grandes cantidades de datos, como encontrar el centro de gravedad de un cono trunco. También maneja procesos de despliegue, como la creación de diferentes vistas del mismo modelo en forma automática (figura 2.35). El software ayuda a organizar datos, encuentra símbolos de dibujo almacenados con anterioridad y ayuda a crear y archivar nuevos. El software puede utilizarse para contar, medir y dirigir dispositivos para imprimir o graficar dibujos, crear una lista de materiales, o intercambiar archivos con otros programas. El software de CAD es muy potente y ha sido diseñado para servir a todas las ramas importantes de la ingeniería, por lo que representa una herramienta importante y muy necesaria en la mayoría de las carreras de ingeniería.

2.11 ■ NÚCLEO COMÚN

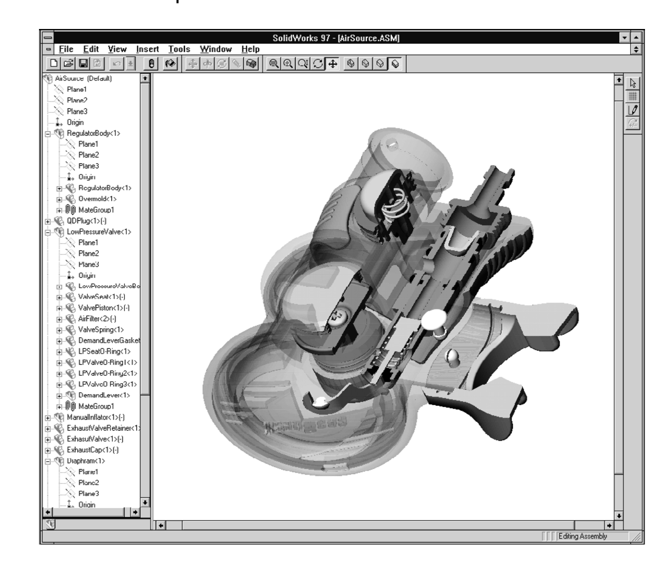
SOFTWARE DE CAD Aunque todo el software de CAD emplea terminología geométrica común en la creación de dibujos y opera con procedimientos de construcción similares, cada programa CAD tiene procedimientos de operación específicos que derivan de su particular jerarquía básica de estructura de comandos.

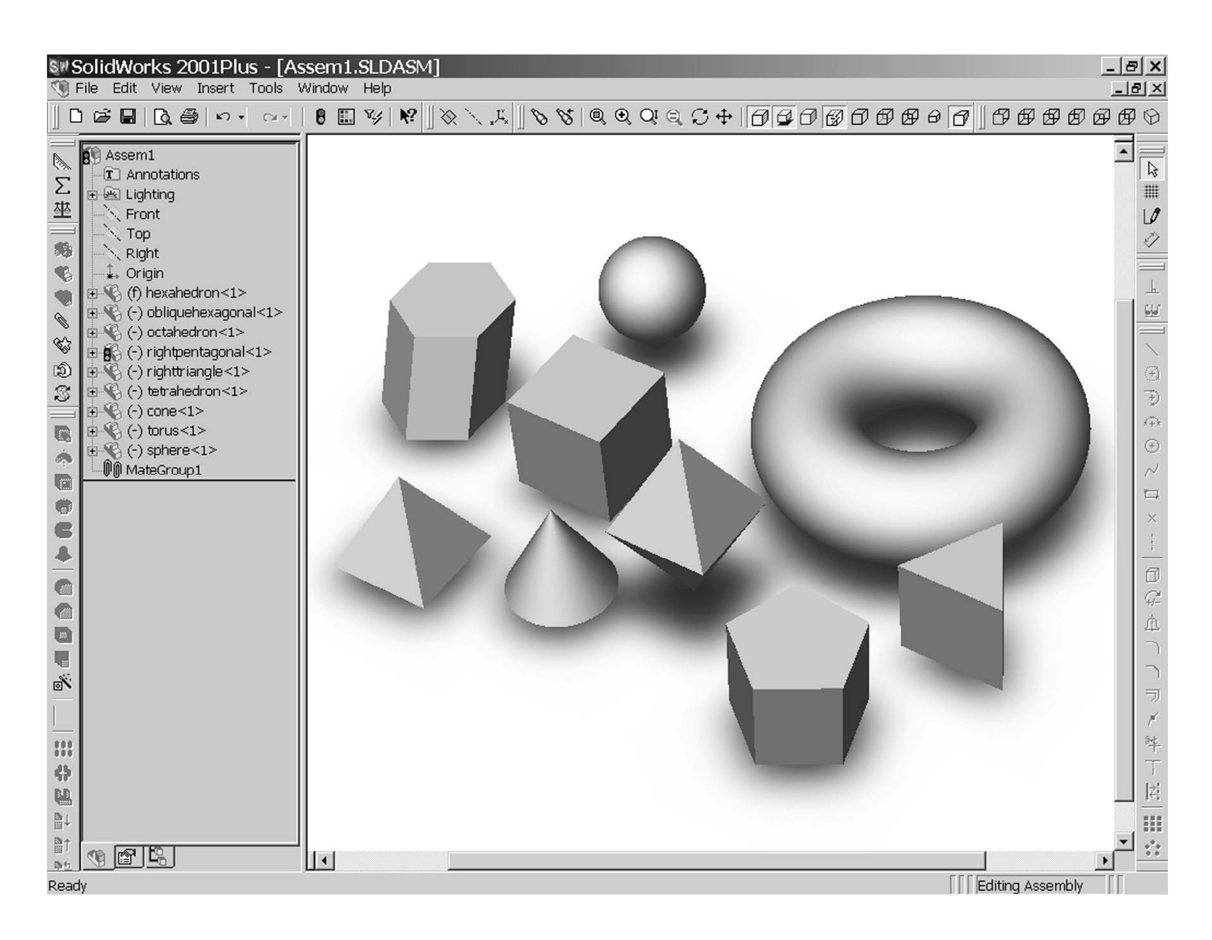
Existen tres características que pueden encontrarse en todo el software de CAD. El usuario puede tener acceso a éstas en forma interactiva a través de comandos básicos y opciones de menú como:

1. Comandos para generadores de geometría (construcción geométrica básica).
2. Funciones para controlar las vistas de la geometría de los dibujos.
3. Modificadores para cambiar el dibujo o editar variaciones en el dibujo (rotar, duplicar, borrar, agrupar, etcétera).

Por otro lado, los programadores agregan en forma constante nuevas capacidades y opciones al software de CAD. Por ejemplo, muchos programas nuevos ofrecen capacidades tridimensionales muy sofisticadas, a menudo en un ambiente de Windows (figura 2.36).

■ **FIGURA 2.36** ■ Las PCs de escritorio que corren el sistema operativo Windows ahora pueden proporcionar capacidades para crear modelos sólidos paramétricos.





■ **FIGURA 2.37** ■ Ejemplos de sólidos creados con CAD. *Cortesía de SolidWorks Corporation.*

2.12 ■ DIBUJO CON SOFTWARE DE CAD

Por lo general, se conoce como objetos, entidades o elementos a la geometría generada con programas de CAD. Estas entidades geométricas son figuras construidas en forma individual o grupos de elementos que consisten en puntos, líneas, arcos, círculos, rectángulos, polígonos, *splines*, sólidos, superficies, símbolos o bloques, sombreados, dimensiones, acotaciones y textos. Estas unidades básicas de construcción se seleccionan del menú y se construyen en ubicaciones gráficas específicas de la pantalla del monitor determinadas por el usuario de CAD. Muchos sistemas CAD pueden almacenar y recuperar símbolos de dibujo estándar (llamados bloques).

2.13 ■ SISTEMAS DE COORDENADAS PARA CAD

Las entidades de dibujo para CAD y la información de modelos tridimensionales se almacena en la base de datos de dibujos CAD utilizando el sistema cartesiano de coordenadas. Las entidades con dos dimensiones, como una línea, se almacenan casi siempre al proporcionar las ubicaciones de los puntos extremos mediante el uso de los ejes x y y del sistema coordenado, donde los valores de x representan la ubicación horizontal de la coordenada, mientras que los valores de "y" representan su localización vertical. Los modelos tridimensionales se almacenan utilizando los ejes x, y y z, con los valores z perpendiculares al plano x-y.

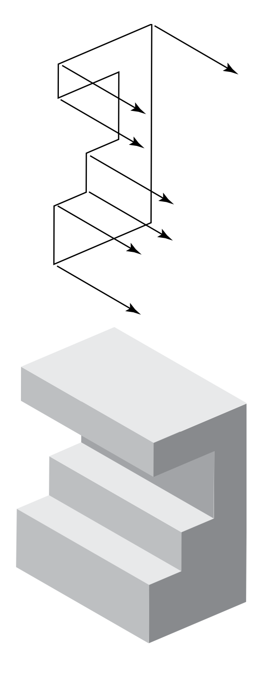
MODELADO SÓLIDO O TRIDIMENSIONAL Por lo general, los sistemas CAD que ofrecen modelado sólido tienen opciones o comandos para crear sólidos complejos mediante la utilización de formas primitivas que incluyen cajas, prismas, cilindros, esferas, conos, toroides y algunas veces cuñas y pirámides. En la figura 2.37 se muestra un ejemplo de algunos sólidos generados por medio de CAD. Muchos sistemas CAD también tienen un comando primitivo que crea cualquier sólido regular. Si no existe un comando específico para crear el sólido deseado, por lo general se tiene la opción de crear objetos sólidos mediante los procesos de extrusión y revolución (ambos se clasifican dentro del barrido de sólidos).

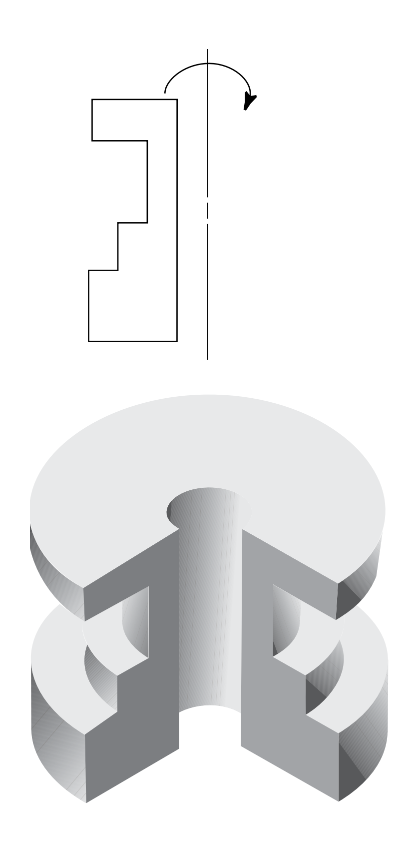
La *extrusión* se llama así por el proceso de manufactura que forma el material al obligarlo a pasar a través de una abertura con alguna forma particular. También se puede pensar en la extrusión como el proceso de tomar la forma de la sección cruzada de un objeto y deslizarlo a lo largo de una trayectoria para encerrar un volumen sólido. Los elementos que tienen una sección cruzada continua a lo largo de un eje recto pueden crearse por medio de extrusión. Algunos programas de CAD pueden aplicar este proceso a lo largo de una trayectoria en línea recta, mientras que otros pueden hacerlo también en trayectorias curvas. La mayoría tiene la opción de afilar el elemento extruido después de haber sido creado. En la figura 2.38 se muestra un ejemplo de un modelo sólido creado por extrusión.

La *revolución* es el proceso de formar un sólido mediante el giro de la forma de la sección cruzada de un objeto a lo largo de una trayectoria circular para encerrar un volumen sólido. Muchos objetos que no pueden ser creados por extrusión pueden generarse mediante revolución. En la figura 2.39 se muestra un objeto sólido creado al girar una forma a lo largo de 270°.

Mediante la unión de formas primitivas y sólidos creados por extrusión y revolución pueden crearse modelos sólidos complejos; para ello se utilizan *operadores booleanos*. Estos operadores reciben el nombre gracias al matemático y lógico del siglo XIX, George Boole. La mayoría de los programas de CAD que permiten el modelado sólido admiten tres operadores booleanos: *unión* (algunas veces llamada adición), *diferencia* (también referida como sustracción) e *intersección*. A menudo se utilizan diagramas de Venn para mostrar cómo se relacionan los conjuntos por medio de operadores booleanos. En la figura 2.40 se muestran diagramas de Venn para la unión, la diferencia y la intersección. Estos operadores también pueden usarse para unir sólidos creados por extrusión o revolución con otros sólidos primitivos.

■ **FIGURA 2.38** ■ Sólido creado por extrusión.



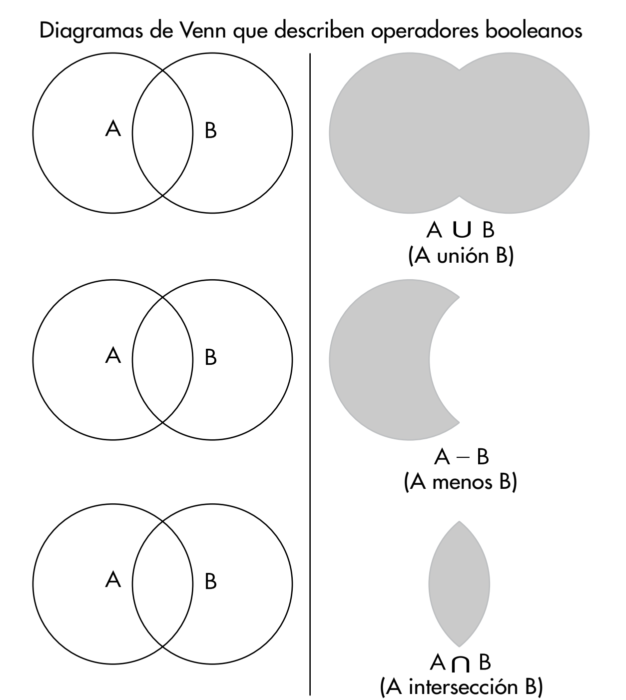


■ **FIGURA 2.39** ■ Sólido creado por revolución.

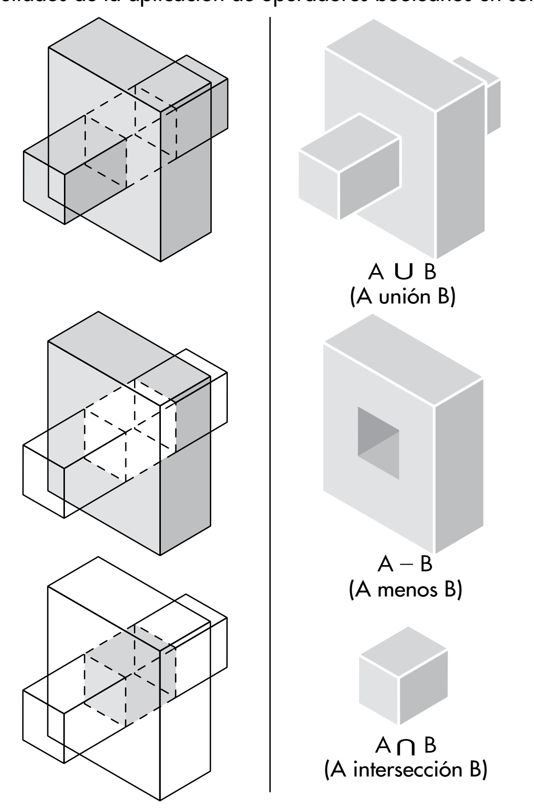
La unión de un sólido A y un sólido B forma un sólido nuevo que posee su volumen combinado sin ninguna duplicación cuando éstos se encuentran traslapados. La diferencia entre el sólido A y el sólido B es similar a restar B de A. A diferencia de la unión, el orden de la operación establece un resultado distinto en cada caso. Para la diferencia entre A y B, cualquier volumen del sólido B que se traslape con el sólido A se elimina y el resultado forma un sólido nuevo. A intersección B resulta en un nuevo sólido donde sólo se conserva el volumen común a los dos sólidos iniciales. Las formas primitivas, los sólidos creados por extrusión y revolución y los operadores booleanos pueden utilizarse para crear modelos sólidos de una gran cantidad de objetos. Algunas formas que no pueden crearse de esta manera son las superficies arqueadas como la de los exteriores de automóviles y aviones.

MODELADO DE SÓLIDOS PARAMÉTRICOS Los sistemas de CAD, en especial aquellos que permiten el modelado de sólidos paramétricos (donde los parámetros de diseño

Diagramas de Venn que describen operadores booleanos



Resultados de la aplicación de operadores booleanos en sólidos



■ **FIGURA 2.40** ■ Operadores booleanos.



Consejos prácticos

Modelado sólido

COMIENCE CON FORMAS SIMPLIFICADAS

Al principio, conserve los modelos sólidos en su forma básica; no modele pequeños filetes o formas redondeadas hasta la etapa final del diseño. Esto evita la necesidad de realizar cambios repetitivos e impide el crecimiento del tamaño del archivo, lo que permite trabajar con mayor rapidez.

Por lo general, las roscas de tornillos no se modelan porque agregan mucha complejidad al archivo de CAD; por ello, casi siempre se representan en una forma simplificada. En la mayoría de los casos, las especificaciones de las roscas de tornillos se indican mediante texto y para su diseño será en función paramétrica.

Como la creación de respaldos para los archivos en progreso es una práctica siempre recomendable, mantener un tamaño de archivo manejable ahorra tiempo también en el proceso de respaldo.

UTILICE LA INTERSECCIÓN BOOLEANA PARA AHORRAR TIEMPO EN EL MODELADO DE PARTES

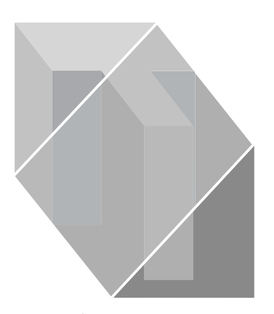
Los usuarios principiantes de CAD algunas veces menosprecian la utilidad de la operación de intersección booleana. Es posible ahorrar tiempo en la creación de muchas partes extruyendo vistas estándares de ingeniería para después intersecarlas.

Por ejemplo, primero dibuje la forma básica vista desde arriba y aplique la extrusión para crear un sólido.

Después dibuje la forma vista desde el frente y aplique la extrusión para crear un segundo sólido. La intersección booleana de estos dos sólidos creará la parte deseada.

También puede aplicarse extrusión a tres vistas; por ejemplo, la superior, la frontal y la lateral e intersecarlas para crear modelos más complejos.

Tenga en mente que existen muchas formas que pueden modelarse mediante este proceso.



Dos sólidos que deben intersecarse.



Intersección booleana.

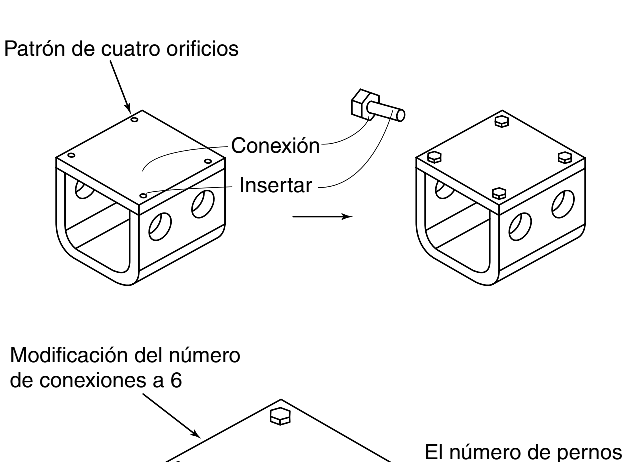
controlan la geometría del modelo), proporcionan muchos beneficios para acortar el tiempo del ciclo de diseño. El modelado de sólidos paramétricos permite el diseño concurrente, donde los miembros del equipo de diseño, los de las divisiones de manufactura y mercadotecnia trabajan juntos para obtener una solución de diseño total. En esta modalidad, las restricciones y dimensiones paramétricas controlan la geometría del modelo. Cuando el diseño cambia, debido a la modificación de las restricciones y dimensiones, el modelo y sus dibujos se actualizan en forma automática. Los modelos tridimensionales también pueden exportarse para la creación rápida de prototipos y para ayudar a la división de manufactura a progresar con rapidez desde el diseño hasta el producto.

MODELADO PARA ENSAMBLAJE Debido a los altos costos de planta, los fabricantes están permanentemente reduciendo sus costos de fabricación y materiales sin perder la calidad del producto diseñado. Una forma de evitar el incremento de los costos es no reequipar sus fábricas para cada producto nuevo o modificado, puesto que el reequipamiento es costoso y consume tiempo; para evitarlo es necesario mediante el modelado o diseño de productos nuevos o modificados para la línea de producción existente. Los ingenieros pueden usar técnicas de *modelado para ensamblaje* en los productos nuevos o modificados, con lo que el fabricante ahorra tiempo y dinero.

Mediante el uso de programas de software como Pro/ENGINEER o SolidWorks, el ingeniero, diseñador o desarrollador puede actualizar y modificar sus dibujos de ensamblaje para satisfacer criterios cambiantes como alteraciones en los productos o materiales, modificaciones a los procesos de producción o ensamblaje o cambios en el diseño.

Los ingenieros, por medio de estos programas, pueden actualizar con rapidez diseños de productos, pero también pueden iniciar los cambios necesarios en todos los niveles de producción. Por ejemplo, en la figura 2.41 se ilustra la rapidez con la que un ingeniero que utiliza Pro/E puede cambiar el patrón de pernos y orificios de cuatro a seis si se requiriere una modificación de este tipo. Con la utilización de los métodos de ingeniería concurrente, dichos cambios no sólo pueden implantarse en el piso de la fábrica, sino que también otros departamentos afectados por ese cambio podrían ser alertados en forma automática. Éste es un ejemplo extremadamente simple, pero ilustra la forma en que tales programas pueden ayudar en el modelado para ensamblaje. (Vea en Nota sobre gráficos un análisis más profundo de la utilización del modelado para ensamblaje en una compañía.)

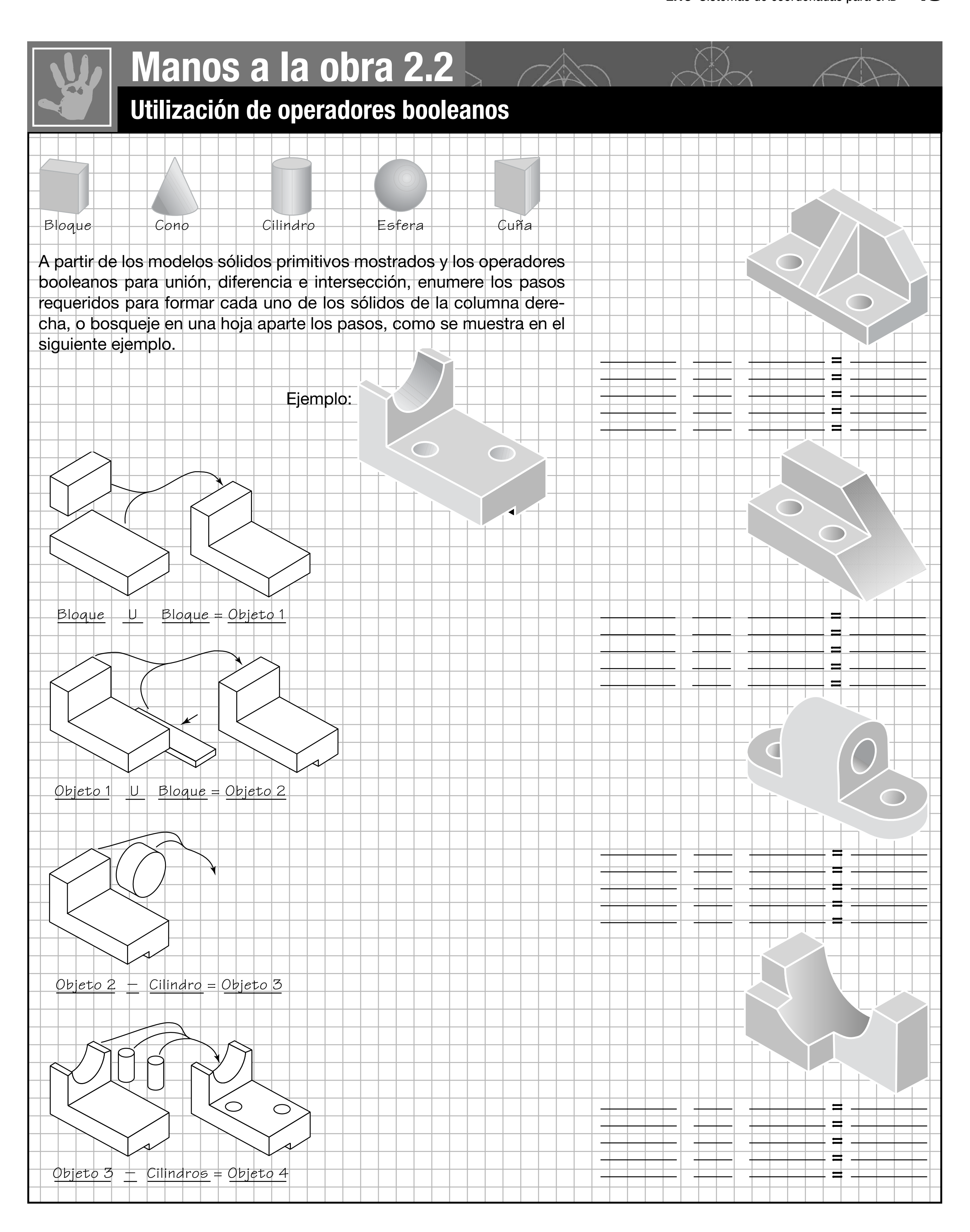
Con el uso de modeladores tridimensionales como Pro/E o SolidWorks es posible construir una base de datos del diseño del producto. Después, la base de datos se almacena en una computadora, un servidor o una red. Si las partes se modelan en forma adecuada, el diseñador podrá utilizar la base de datos para comunicarse de manera directa con los sistemas asistidos por computadora para crear moldes, partes maquinadas, dados y cualquier otra cosa que se requiera fabricar. El software de modelado actual no sólo permite dar seguimiento mediante la base de datos, sino que también admite la verificación de las partes individuales, para comprobar si éstas interactuarán de manera adecuada en el ensamble. Con los modelos sólidos tridimensionales, también pueden evaluarse con facilidad variaciones en los criterios de manufactura, y las partes pueden ser rechazadas o aceptadas con base en el éxito de su ensamble. Por ejemplo, examine en la fi-



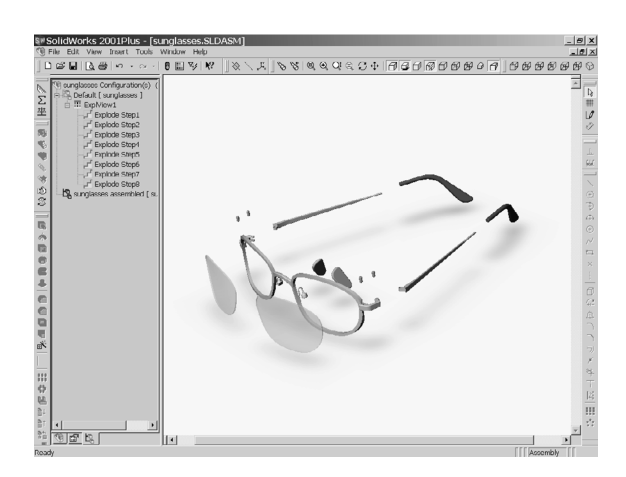
■ **FIGURA 2.41** ■ La modificación de un patrón es fácil con Pro/E. El número de conexiones (orificios) del patrón determina el número de componentes (pernos) que deben ensamblarse. Por lo tanto, si se modifica el número de conexiones (orificios) en el patrón, también se modifica el número de componentes requeridos (pernos).

Manos a la obra 2.2

Utilización de operadores booleanos



A partir de los modelos sólidos primitivos mostrados y los operadores booleanos para unión, diferencia e intersección, enumere los pasos requeridos para formar cada uno de los sólidos de la columna derecha, o bosqueje en una hoja aparte los pasos, como se muestra en el siguiente ejemplo.



■ **FIGURA 2.42** ■ Una vista desarticulada de un diagrama de ensamble. Estos diagramas de subensamble se combinarían para crear el diseño final. *Cortesía de SolidWorks Corp.*

gura 2.42 la vista desarticulada de un diagrama de ensamble para lentes de sol.

CREACIÓN RÁPIDA DE PROTOTIPOS A menudo, los ingenieros trabajan concurrentemente con el área de manufactura mientras refinan las ideas de diseño para determinar las mejores formas de fabricar y ensamblar las partes necesarias. Después de varios ciclos en los que se refinan, analizan y sintetizan las mejores ideas, el diseño final está listo para ir a producción. Los sistemas para la *creación rápida de prototipos* permiten que las partes se generen con rapidez y directamente de los modelos tridimensionales para después elaborar una maqueta y realizar las pruebas correspondientes. La creación rápida de prototipos también puede usarse en situaciones donde los prototipos aún se consideran necesarios por distintas razones (por ejemplo, a solicitud del cliente). Muchas compañías diseñan sus productos con paquetes de diseño tridimensional y después alimentan los datos de CAD en programas separados que no sólo evalúan el diseño sino que también generan un conjunto de datos distinto, el cual se utiliza después en varias formas. Los nuevos datos pueden enviarse a una fresadora de CNC y se puede cortar un modelo de muestra a partir de los datos. Los datos también pueden enviarse al equipo de prototipos rápidos que utiliza tecnologías como *estereolitografía* (SLA), *sinterizado selectivo por láser* (SLS), *manufactura de partículas balísticas* (BPM) y *manufactura de objetos laminados* (LOM).

Con SLA se fabrican partes a partir de capas de fotopolímeros curados con láser. El proceso de SLS construye partes capa por capa con un láser a partir de materiales en polvo como nylon, policarbonato o un material compuesto de cristal y nylon. Algunas máquinas para la creación rápida de prototipos construyen objetos al esparcir partículas fundidas de un termoplástico. El proceso de LOM construye capa por capa a partir de rollos de hojas similares al papel. (Vea en Nota sobre gráficos de las páginas 18 y 19 para examinar un buen ejemplo de la creación rápida de prototipos en acción.)

2.14 ■ RESUMEN

La información presentada en este capítulo intenta familiarizar al estudiante con los conceptos básicos, el hardware, el software y los sistemas CAD. No es posible (ni se intentó) presentar una comparación entre programas de CAD o entre todos los comandos utilizados en estos sistemas.

Los sistemas CAD han reemplazado a muchos instrumentos, tablas y archivos de dibujo. Y como ninguna otra herramienta de dibujo de la historia, eleva la productividad de la ingeniería sin reemplazar las funciones básicas del diseñador, ingeniero y técnicos de dibujo. Los desarrolladores de CAD, en su intención de aprovechar las tecnologías computacionales, han producido un impacto profundo en los equipos de alta tecnología al resolver problemas en investigación, desarrollo, diseño, producción y operación (las cinco funciones básicas de la ingeniería).

Las habilidades para la elaboración de bosquejos están relacionadas y son complementarias a las necesarias para usar CAD. El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) tiene estándares bien establecidos para crear dibujos de ingeniería. El conocimiento de los principios para la elaboración de bosquejos, desde el alfabeto de líneas hasta los procedimientos de dimensionamiento y seccionamiento, siguen siendo esenciales para darle forma a los documentos de CAD. El CAD puede ayudar al usuario a producir caracteres consistentes y a regular líneas de trabajo para mejorar la producción de dibujos de funcionamiento de una manera más extensa que cualquier otra herramienta.

El usuario de CAD es responsable de preparar los documentos de ingeniería que son una parte importante del proceso de manufactura y producción (figura 2.43). La habilidad del usuario para utilizar e interactuar con todas las formas de información técnica incrementa su capacidad de comunicar información de manera gráfica.



■ **FIGURA 2.43** ■ El modelado sólido permite avanzar con rapidez desde el diseño hasta el producto. *Cortesía de Solid Concepts, Inc.*

PALABRAS CLAVE

CAD
CAM
CARTUCHOS DE DATOS
CD-ROM
CPU
CREACIÓN RÁPIDA DE PROTOTIPOS
DIAGRAMAS DE VENN
DISCO FLEXIBLE (FLOPPY)
DISCO WORM
DISCO ZIP
ESTRUCTURA DE ALAMBRE
EXTRUSIÓN Y REVOLUCIÓN
GRAFICADOR
HARDWARE
IMPRESORA
MEGAHERTZ (MHZ)
MENÚ
MICROPROCESADOR
MIPS
MODELADO PARAMÉTRICO DE SÓLIDOS
MÓDEM
MONITOR DE DESPLIEGUE DE VIDEO
OPERADORES BOOLEANOS
PUERTO
RAM
RATÓN
SIMM
SISTEMAS OPERATIVOS
SOFTWARE
SÓLIDO EXTRUÍDO
SÓLIDO REVOLUCIONADO
SUPERDISCOS
TABLETA DIGITALIZADORA
TARJETA MADRE
UNIDAD DE DISCO DURO
UNIDAD JAZ

Nota sobre Gráficos

Revelación del poder del modelado sólido

La utilización exitosa del modelado sólido debe incrementar el tamaño del mercado de una compañía y su participación en el mismo, además de incrementar su margen de ganancia. En esencia, los primeros sistemas de CAD sólo automatizaban el proceso de dibujo, pero el modelado de sólidos tiene el potencial de afectar todo el proceso de producción, desde el diseño preliminar hasta los procesos de ingeniería y manufactura. Las funciones auxiliares, como compras o ventas también pueden verse beneficiadas.

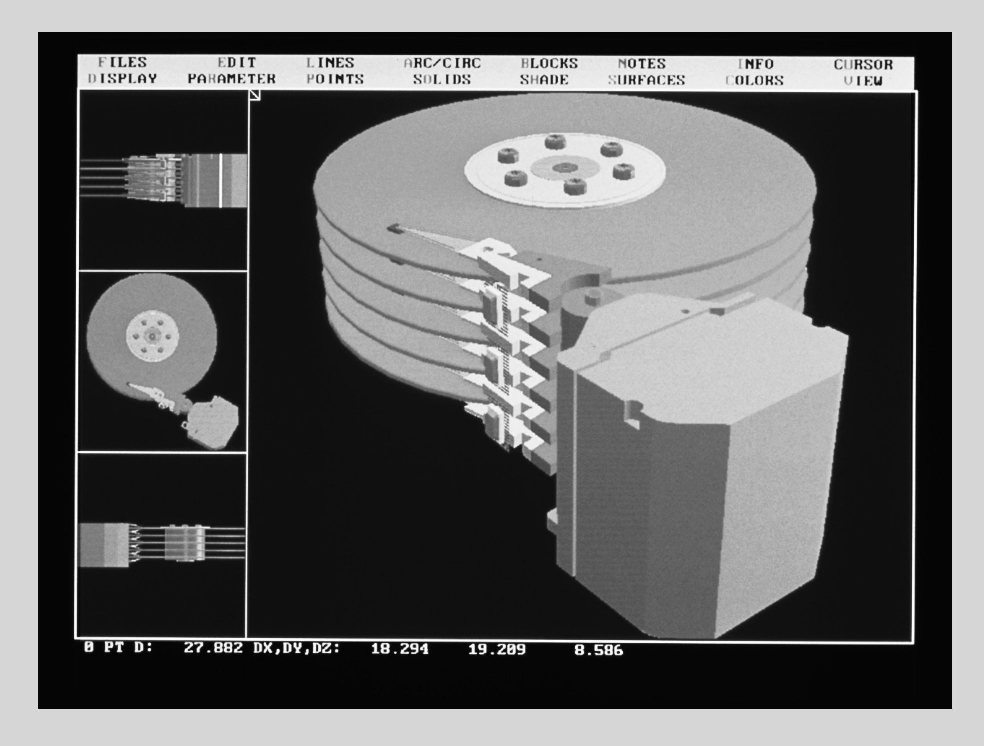
El modelado sólido puede generar toda la información crítica de un producto y una compañía necesita tomar ventaja de toda ella. La implantación correcta del modelado sólido posibilita una amplia variedad de usos de los modelos sólidos en aplicaciones posteriores. Esto maximiza el rendimiento porque permite que muchas operaciones funcionen desde el modelo sólido original, en lugar de recrear el diseño para cada fase. Los modelos sólidos deben ser la base de los prototipos virtuales, el análisis ingenieril, las trayectorias de las herramientas de maquinado, las órdenes de compra, las imágenes de mercadotecnia, etcétera. Tener que recrear un diseño o reescribir sus datos en otra computadora puede ser una señal de que el modelado sólido puede estar subutilizado

Aunque el uso posterior es una consideración importante, no se gana nada empleando el modelado sólido si pueden satisfacerse las necesidades de varias operaciones con procesos bidimensionales. Otra consideración al introducir una nueva tecnología es si esto afecta a los cuellos de botella existentes en el proceso de producción. A menos que el uso del modelado sólido (o cualquier otra innovación tecnológica) ayude a eliminar o disminuir los cuellos de botella o restricciones en el proceso global, éste no mejorará la productividad o las ganancias.

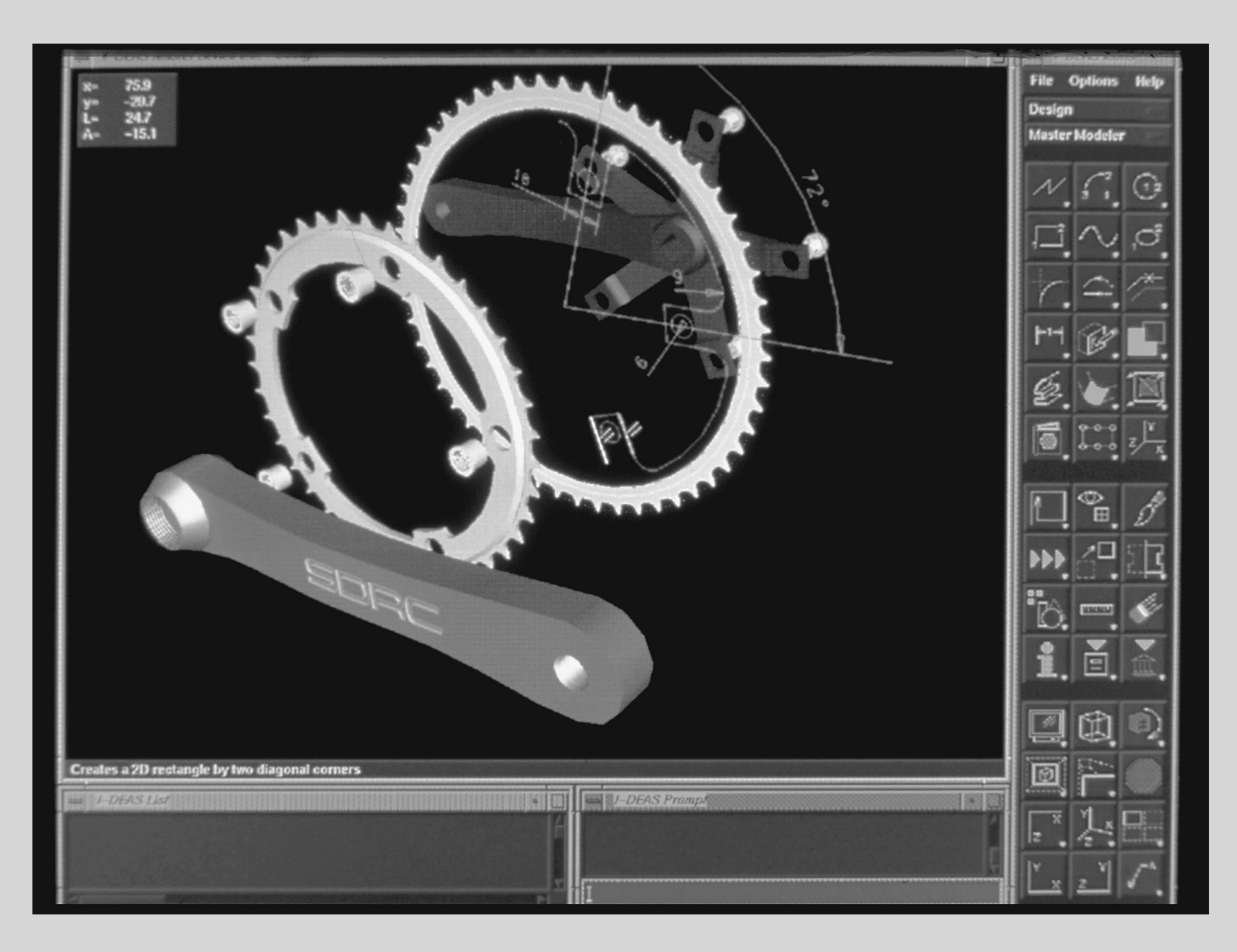
La introducción del modelado sólido en las operaciones de una compañía requiere una planeación cuidadosa. Primero, hay muchos sistemas de modelado sólido en el mercado y la elección del sistema apropiado es de gran importancia. Segundo, es probable que se deba llevar a cabo una actualización de hardware, porque el modelado sólido requiere estaciones de trabajo más grandes, mejores gráficos, más memoria, etcétera, que los programas simples. Tercero, cualquier persona que quiera utilizar el modelo sólido debe haber recibido una capacitación extensa. Se recomienda también la introducción del modelado sólido a través de un proyecto piloto. La implantación gradual del modelado sólido proyecto por proyecto ha resultado ser más exitosa que la instalación en un solo paso a lo largo de la compañía.

Las compañías pequeñas y medianas tienen una ventaja sobre las compañías grandes al utilizar el modelado sólido para un rendimiento máximo. Las compañías grandes pueden tener los recursos y la dedicación para hacerlo funcionar, pero las empresas más pequeñas tienen mayor flexibilidad en términos de estructura organizacional.

Adaptado de "Unlocking the Power of Solid Modeling" por Caren D. Potter, *Computer Graphics World*, noviembre de 1995, Vol. 18, No. 11, p. S3(4). ©PennWell Publishing Company 1995.



Modelo sólido con vistas múltiples. *Cortesía de CADKEY.*



Los documentos de CAD proporcionan una gran cantidad de información que los ingenieros, diseñadores y técnicos deben entender y utilizar. *Cortesía de SDRC, Milford OH.*

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Las computadoras han revolucionado la elaboración de dibujos. Constantemente se inventan tecnologías que hacen este proceso más rápido, versátil y potente.
- CAD es la herramienta a elegir en las compañías de diseño ingenieril. El usuario eficaz de esta herramienta requiere una comprensión de los fundamentos del dibujo técnico así como capacitación en el programa de CAD.
- El microprocesador, la RAM y la unidad de disco duro de la computadora son componentes esenciales de un sistema de computadora. El teclado y el ratón son dispositivos de entrada típicos. Las impresoras y graficadores insertan el dibujo en papel para su revisión y aprobación. La pantalla del monitor muestra al dibujante su trabajo y ofrece opciones de emisión de comandos.
- El software de CAD puede dibujar en tres dimensiones (anchura, altura y profundidad), a diferencia del dibujo en papel, que consiste en sólo dos dimensiones en una sola vista, o bien imaginar la tercera dimensión.
- Los diferentes paquetes de CAD tienen distintos procedimientos operativos, fortalezas y debilidades. Las características que se encuentran en todos los programas de CAD son tres: comandos para generación de figuras geométricas, funciones para controlar las vistas de los objetos dibujados y modificadores para cambiar dibujos o editar variaciones.
- Tradicionalmente, la operación de un sistema CAD ha requerido una capacitación extensa. Los sistemas nuevos se vuelven cada vez más amigables con el usuario, pero es necesario no sobrestimar las afirmaciones que a este respecto hacen los paquetes de CAD. Es muy importante evaluar cada paquete con cuidado y tomar una decisión informada.
- Las técnicas de modelado sólido que utilizan CAD requieren una comprensión de los sólidos geométricos y los operadores booleanos. Si se utilizan buenas estrategias, es posible crear modelos sólidos más eficaces mediante el uso de CAD.

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Cuáles son los componentes básicos de un sistema de dibujo asistido por computadora (CAD)?
2. ¿Cuál es la relación entre CAD y CAM en el diseño moderno y las instalaciones de manufactura?
3. Liste las similitudes y diferencias que hay entre un ratón y una almohadilla para digitalización con *puck*.
4. ¿Cuáles son las ventajas principales de CAD sobre los métodos de dibujo tradicionales?
5. ¿Cuál computadora es más rápida: una con un microprocesador de 100 MHz y un disco duro de 500 MB, u otra de 500 MHz con un disco duro de 100 MB? ¿Cuál puede almacenar más información?
6. ¿Cuál es la diferencia entre el almacenamiento en RAM y el almacenamiento en disco duro? ¿Qué partes de la computadora se encuentran de manera típica en la tarjeta madre?
7. ¿Cuál es la diferencia entre graficación e impresión?
8. ¿Cuáles son las especificaciones de hardware y software del sistema CAD de tu escuela?
9. ¿Cuáles son las preguntas que deben hacerse sobre cualquier sistema CAD antes de comprarlo?
10. Elabore un diagrama de Venn que muestre los tres operadores booleanos.
11. ¿Cuáles son los primitivos de modelado sólido que proporciona su sistema CAD?
12. ¿Cuál es la diferencia entre extrusión y revolución?

PROYECTOS DE CAD

Cuando sea necesario, consulte las secciones adecuadas del capítulo para verificar sus respuestas.

Proyecto 2.1 Defina los siguientes términos: sistema de computación, hardware, software, analógico, digital, gráficos de computadora, CAD, CADD y CAM.

Proyecto 2.2 ¿Cuáles son los principales componentes de un sistema de computadora? ¿Y los de un sistema CAD? Dibuje un diagrama de flujo que ilustre la secuencia de operaciones para cada uno de los sistemas.

Proyecto 2.3 Prepare una lista de componentes de hardware de un sistema CAD y dé ejemplos de cada uno.

Proyecto 2.4 Llame a una compañía de hardware y compare los precios para tres monitores gráficos de diferentes resoluciones y tamaños. ¿Cuál compra recomienda? Explique su razonamiento.

Proyecto 2.5 Prepare una lista de posibles dispositivos de almacenamiento de datos y determine las capacidades de almacenamiento total para cada uno de ellos.

Proyecto 2.6 Determine cuál sería su mejor dispositivo de almacenamiento, en términos de valor, si el tamaño promedio de sus dibujos de CAD es de 1,500 KB y guarda de 10 a 20 dibujos por semana.

Proyecto 2.7 Arregle una visita al centro de cómputo de su escuela o a una oficina de diseño ingenieril local, y prepare un reporte escrito sobre el uso de computadoras para el diseño en estas instalaciones.

Los siguientes problemas le piden utilizar software de CAD para resolver algunas construcciones geométricas típicas. Todos los problemas han sido preparados en un sistema CAD. Resuelva los problemas de dibujo en CAD, como se muestra, e imprima los resultados en una impresora o un graficador para su aprobación.

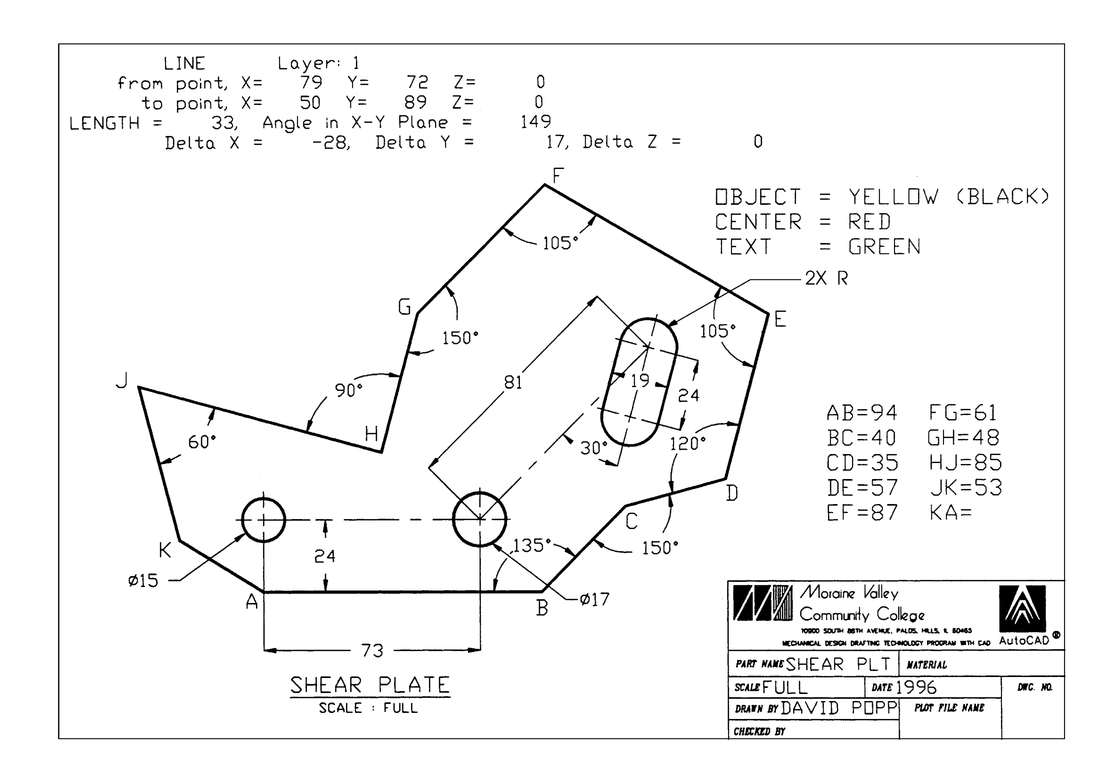
Proyecto 2.8 Prepare una lista de los comandos de modificación (o edición) que están disponibles en el sistema CAD que usted utiliza.

Proyecto 2.9 La distancia desconocida KA y el ángulo de la figura 2.44 han sido determinados mediante el uso de CAD. Recree este problema con su sistema CAD, cambie el ángulo en H de 90° a 75°; después determine los ángulos en K y A y la longitud de la línea KA.

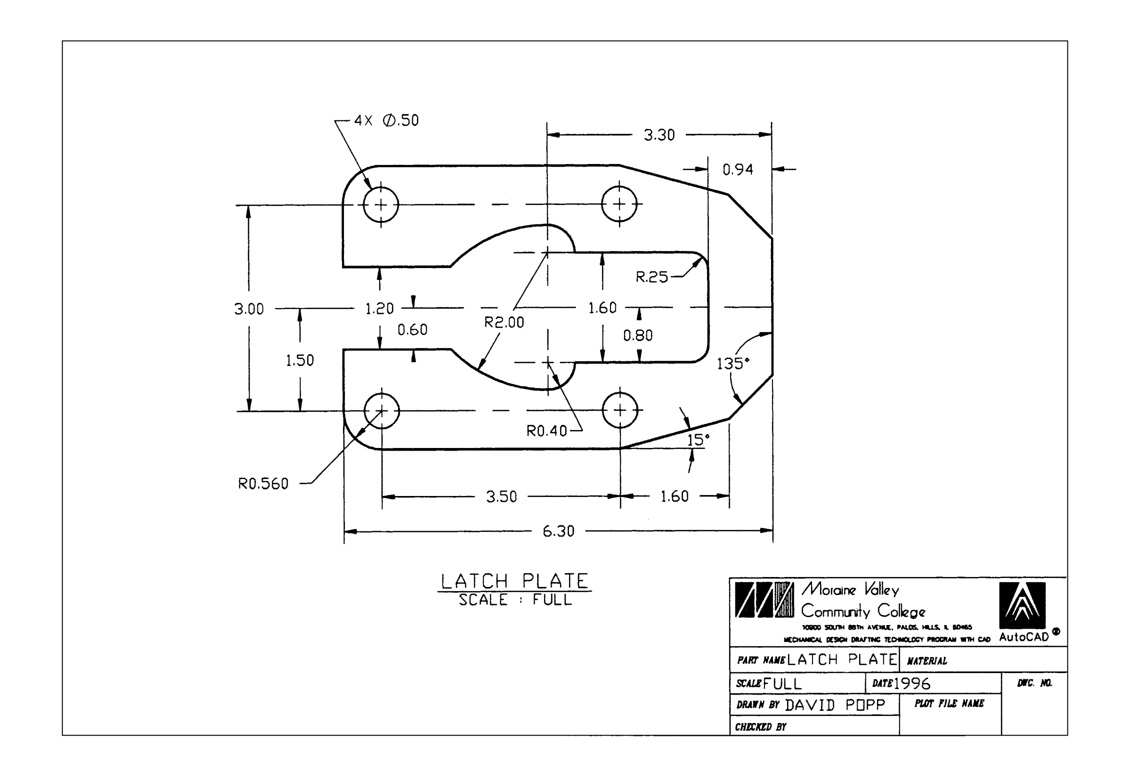
Proyecto 2.10 Prepare una versión modificada del dibujo de CAD de la figura 2.45 incrementando el radio de 0.40 a 0.4375 y la dimensión de la abertura de 1.60 a 1.70.

Proyecto 2.11 Prepare un dibujo de CAD detallado de la llave de seguridad (figura 2.46) con los siguientes cambios: corrija la vista del lado derecho y agregue la dimensión faltante 0.40. Examine la colocación de dimensiones y reubíquelas cuando sea necesario. Cambie 1.12 por 1.25 y agregue la diferencia a la dimensión 4.70.

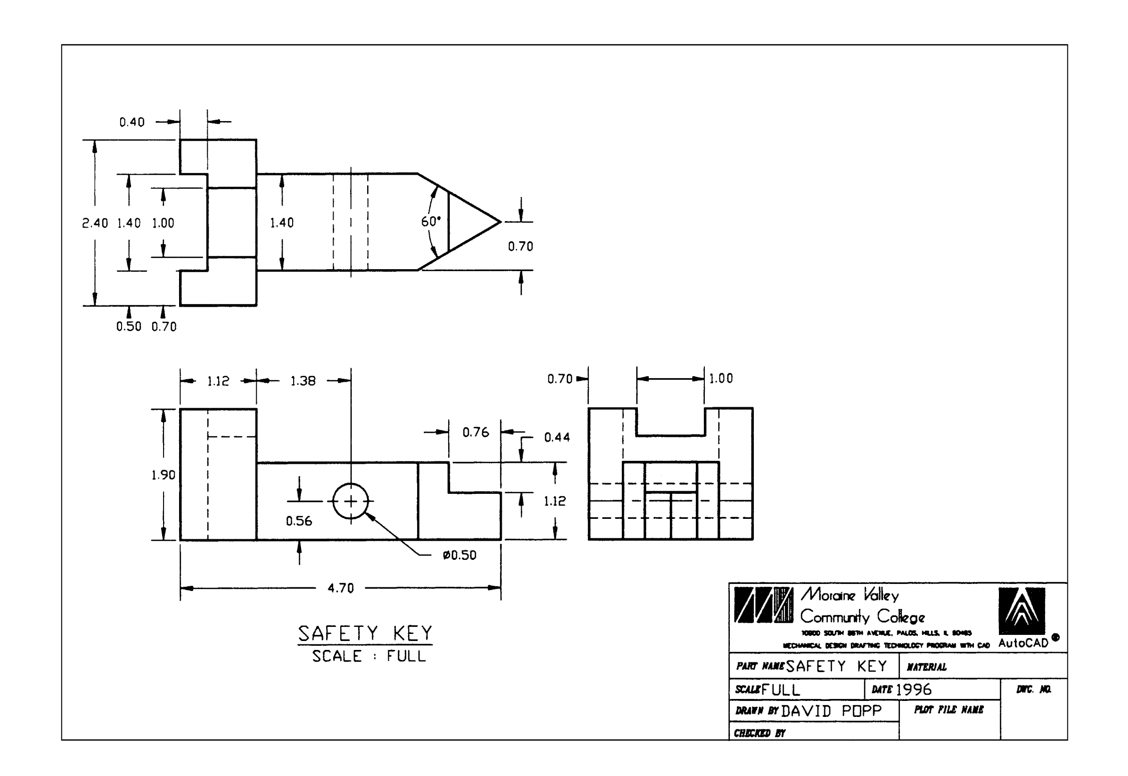
Proyecto 2.12 Utilizando un sistema CAD, determine la longitud que las líneas AB y CD de la figura 2.47 tendrían al reubicar la proyección horizontal del punto A en una nueva coordenada (0, 3.125) y la proyección horizontal del punto D en (1.75, 1.625. Modifique el dibujo utilizando la notación F para las proyecciones frontales en lugar de la notación V, como se muestra en la figura. ¿Cuál es la nueva pendiente de la línea CD?



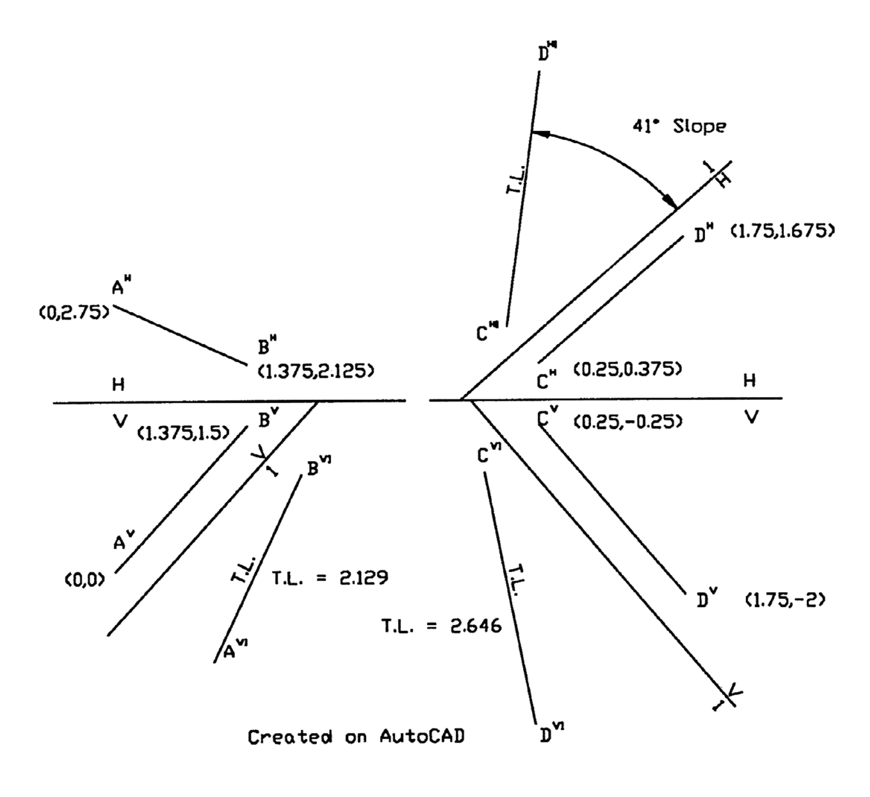
■ **FIGURA 2.44** ■



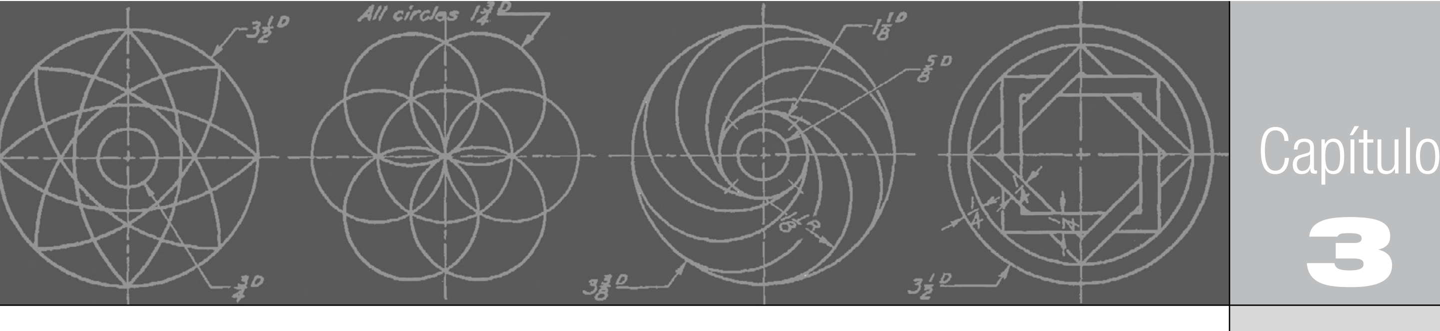
■ **FIGURA 2.45** ■



■ **FIGURA 2.46** ■



■ **FIGURA 2.47** ■



Capítulo 3

Técnicas para la elaboración de bosquejos y letreros

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Crear bosquejos a mano por medio de las técnicas adecuadas.**
2. **Bosquejar líneas paralelas, perpendiculares e igualmente espaciadas.**
3. **Bosquejar círculos y arcos de diámetros dados.**
4. **Aplicar técnicas para conservar la proporcionalidad de un bosquejo.**
5. **Agrandar un objeto con el uso de papel cuadriculado.**
6. **Bosquejar varios tipos de líneas.**
7. **Agregar letreros a un bosquejo.**
8. **Crear y leer un dibujo a una escala especificada.**
9. **Utilizar tamaños estándar para hojas de dibujo.**

PANORAMA

La elaboración de bosquejos es una de las habilidades más importantes para la visualización en ingeniería. El bosquejo es una forma rápida de comunicar ideas a otros miembros del equipo de diseño. A menudo, una imagen dice más que mil palabras, y el bosquejo es una manera ágil de planear el proceso de dibujo necesario para crear un objeto complejo. Los bosquejos actúan como un mapa de carreteras para llegar a la consecución de un documento o dibujo de CAD. Frecuentemente cuando se bosqueja antes de emprender un dibujo formal, éste puede terminarse más rápido y con menos errores. En el bosquejo se utilizan letreros legibles hechos a mano alzada para especificar información importante.

3.1 ■ CREACIÓN DE BOSQUEJOS TÉCNICOS

Los bosquejos a mano alzada constituyen una forma útil de organizar los pensamientos y registrar las ideas del diseñador, y son una manera rápida y barata de explorar varias soluciones a un problema para tomar la mejor decisión. Por ejemplo, a veces se comete el error de invertir demasiado tiempo en elaborar un esquema a escala antes de explorar las distintas opciones. Los bosquejos también se utilizan para aclarar información sobre los cambios en el diseño o proporcionar información sobre la reparación de equipo existente.

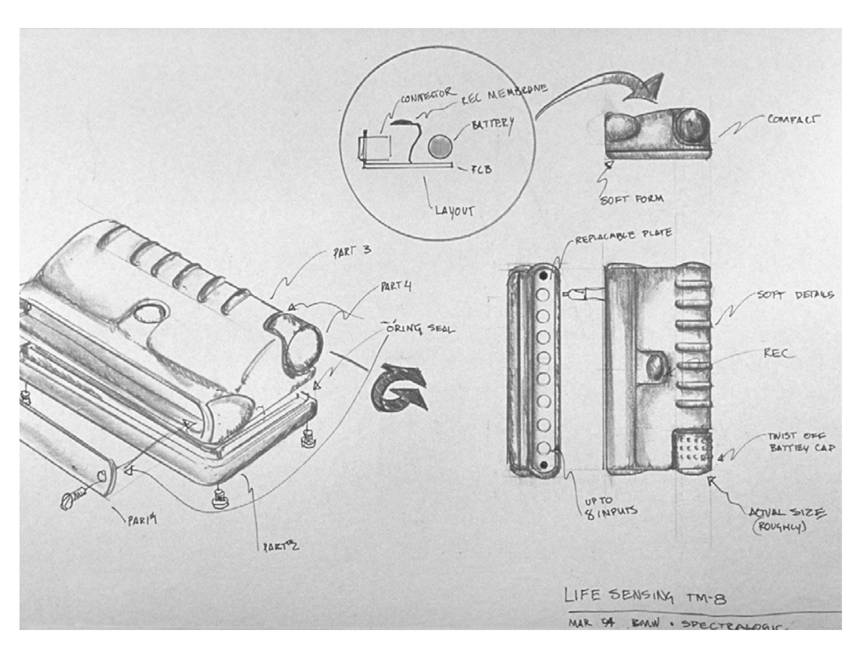
El grado de precisión necesario en un bosquejo depende de su uso; los bosquejos rápidos que sirven para complementar descripciones verbales pueden ser burdos y superficiales, pero los que tienen que comunicar información importante y precisa deben dibujarse con tanto cuidado y exactitud como sea posible.

El término ***bosquejo a mano alzada*** no es sinónimo de un dibujo descuidado. Como la figura 3.1 lo muestra, un bosquejo a mano alzada toma en cuenta a la proporción correcta, la claridad suficiente y el grosor adecuado de las líneas.

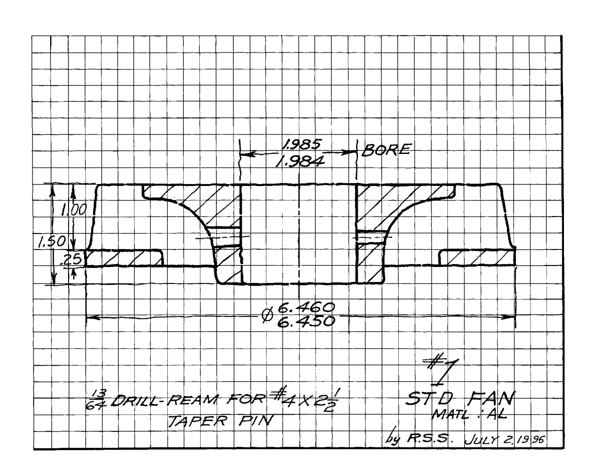
3.2 ■ MATERIALES PARA LA CREACIÓN DE BOSQUEJOS

Una ventaja de los bosquejos a mano alzada es que requieren sólo papel, lápiz y borradores. Una libreta pequeña es muy útil en el trabajo de campo o cuando se requiere registrar datos con precisión. El papel milimétrico puede ser útil para hacer bosquejos claros, como el de la figura 3.2. En estos casos se recomiendan los papeles con 4, 5, 8 o 10 cuadros por pulgada para mantener las proporciones correctas.

Es necesario que el diseñador encuentre un tipo de lápiz que se ajuste al uso específico que pretende darle. En la figura 3.3 de muestran tres tipos que sirven para la preparación de bosquejos. Los lápices mecánicos (figuras 3.3a y 3.3b) tienen minas de 0.3 mm, 0.5 mm, 0.7 mm y 0.9 mm que avanzan de manera automática y son fáciles de usar. La mina de 0.5 mm (figura 3.3a) constituye un buen tamaño general; también es adecuada, para dibujar líneas gruesas la mina de 0.7 mm y, para trazar líneas delgadas, la de 0.3 mm. El portaminas que se muestra en la figura 3.3b requiere un afilador especial, por lo que en general



■ **FIGURA 3.1** ■ A menudo, las grandes ideas comienzan como bosquejos a mano alzada. *Cortesía de ANATech, Inc.*



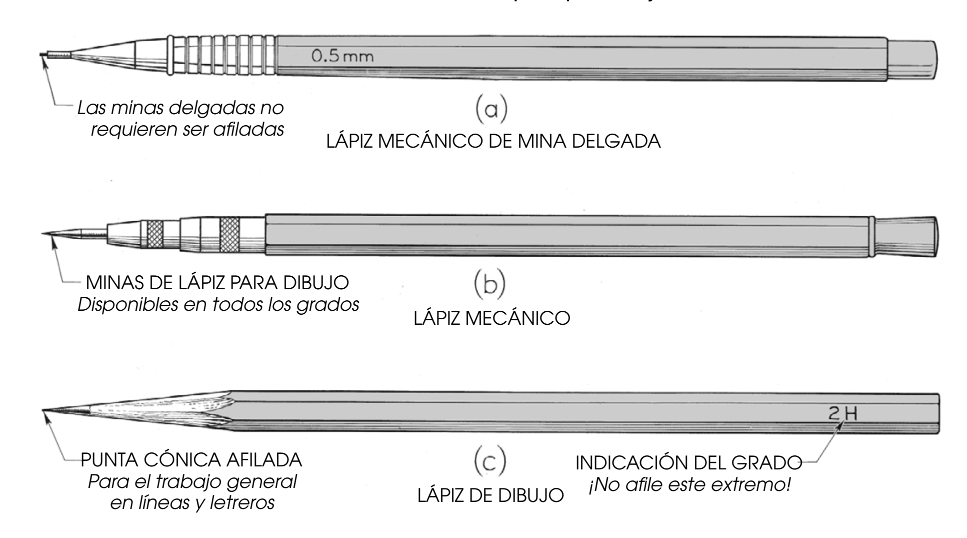
■ **FIGURA 3.2** ■ Bosquejo en papel milimétrico.

no es recomendable para su uso en campo. Los lápices de madera funcionan muy bien, no son caros y hacen más fácil la producción de líneas gruesas y delgadas dependiendo del afilado de la punta.

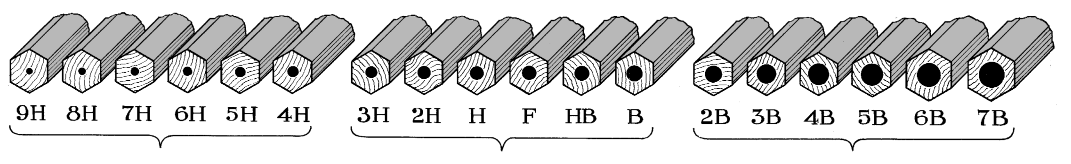
Una libreta de apuntes de hojas blancas con una cuadrícula maestra colocada por debajo de la hoja funciona bien como un sustituto del papel cuadriculado. El diseñador puede crear sus propias cuadrículas maestras para realizar bosquejos con propósitos diferentes mediante el uso de CAD. En especial, el papel rayado isométrico resulta útil para los bosquejos isométricos.

En la figura 3.4 se muestran los distintos grados de las minas y sus usos. Se recomienda la utilización de lápices como HB o F para la creación de bosquejos a mano alzada, así mismo se recomienda usar borradores de vinilo.

■ **FIGURA 3.3** ■ Lápices para dibujo.



■ **FIGURA 3.4** ■ Gráfica de los grados de minas.



Duras

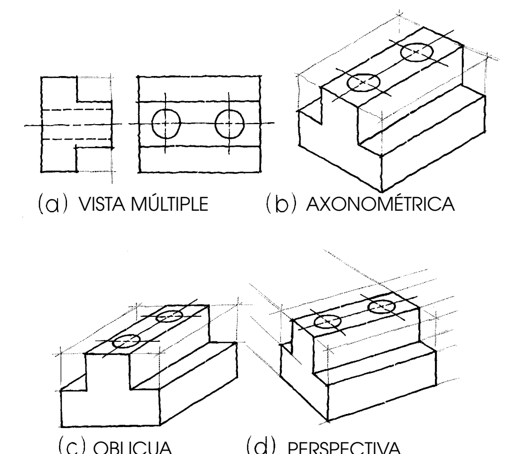
Las minas más duras de este grupo (a la izquierda) se usan cuando se requiere precisión extrema, como en cálculos gráficos, esquemas y diagramas. Las minas menos duras (a la derecha) se emplean a veces para hacer dibujos de ingeniería, pero su uso está restringido porque las líneas tienden a quedar demasiado claras.

Medias

Estos grados son de propósito general. Los grados más suaves (derecha) se usan para la creación de bosquejos técnicos, letreros, flechas y otros trabajos a mano alzada. Las minas más duras (izquierda) se usan para trazar líneas en dibujos de máquinas y arquitectónicos. Las minas H y 2H se usan en trazos de lápiz para reproducción.

Suaves

Estas minas son demasiado suaves como para ser útiles en el dibujo mecánico. Su uso en ese tipo de trabajo produce líneas burdas, difusas y difíciles de borrar, además de que la mina debe afilarse constantemente. Estos grados se emplean en trabajos artísticos y detalles finales en dibujos arquitectónicos.



■ **FIGURA 3.5** ■ Tipos de proyección.

3.3 ■ TIPOS DE BOSQUEJOS

Por lo general, los bosquejos técnicos de objetos tridimensionales se elaboran en uno de los cuatro tipos de proyección que se muestran en la figura 3.5:

- Proyección de vista múltiple.
- Proyección axonométrica (isométrica).
- Proyección oblicua.
- Bosquejos de perspectiva.

La proyección de vista múltiple muestra una o más vistas necesarias (estudiaremos este tipo de proyección en el capítulo 5). Los bosquejos axonométricos, oblicuos y de perspectiva son métodos mediante los cuales se muestra el objeto de manera pictórica en una sola vista (éstos se analizarán en el capítulo 6).

3.4 ■ ESCALA

En general, los bosquejos no se hacen a una escala específica; los objetos se dibujan en su proporción correcta con tanta precisión como es posible a simple vista. El papel cuadriculado es de gran ayuda, pues permite bosquejar proporciones correctas empleando como guía el número de cuadros que cada parte ocupa. El tamaño del bosquejo es decisión del diseñador y depende de la complejidad del objeto y el tamaño del papel utilizado. Al bosquejar objetos pequeños se puede agrandar su tamaño para mostrar los detalles con claridad.

3.5 ■ TÉCNICA DE LÍNEAS

La principal diferencia entre un dibujo con instrumentos y un bosquejo a mano alzada reside en el estilo o la técnica de las líneas. Una buena línea a mano alzada no tiene que ser exactamente recta o uniforme, como una línea dibujada con CAD o instrumentos. Las líneas a mano alzada muestran libertad y variedad, y cuando se emplean como líneas de construcción son muy claras y algo burdas; las líneas de cualquier otro tipo deben ser oscuras y limpias.



Consejos prácticos

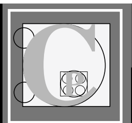
Líneas a mano alzada

- Para bosquejar líneas largas, marque los extremos de la línea con un lápiz 6H.
- Dibuje con barridos largos; para ello mantenga la vista en la marca hacia la cual se dirige el lápiz.
- Haga varios trazos mejorando la precisión de la línea.
- Por último oscurezca la línea con una mina HB.
- Si la línea luce como ésta, puede ser que esté apretando demasiado el lápiz o que trate con demasiado ahínco de imitar las líneas mecánicas.
- Pueden permitirse pequeñas ondulaciones siempre y cuando la línea continúe en una trayectoria recta.
- Algunos espacios ocasionales son permisibles y hacen más fácil dibujar en línea recta.

Uno de los factores más importantes para hacer buenos bosquejos es la calidad de la línea. Para muchas personas, la deficiencia más grande es no hacer las líneas del objeto lo suficientemente definidas y oscuras; por ello, se recomienda hacer las líneas negras y relativamente gruesas.

Practique con marcadores permanentes

- A menudo se pide a los ingenieros mantener registros permanentes durante el proceso de diseño mediante un block, libreta o portafolios, de preferencia con fechas de su elaboración. Esto puede ayudar al solicitar patentes y mostrar los pasos que siguió el diseño. Se requiere que estos registros estén en tinta. Practique la creación de bosquejos con marcadores de punta de fieltro de forma que pueda dibujarlos claros y permanentes como los que se requerirán en su registro de diseño.
- Los marcadores de ingeniería desechables están disponibles en varios grosores y pueden utilizarse a mano alzada o con plantillas para hacer bosquejos claros y permanentes.

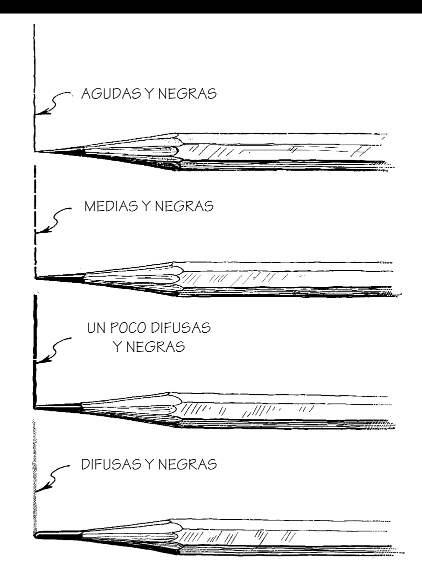


Consejos prácticos

Trazado de líneas a mano alzada

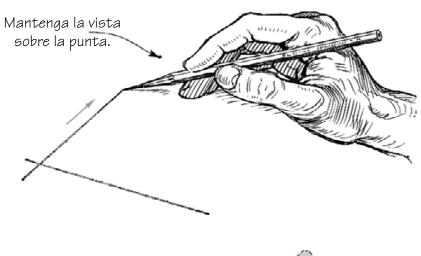
GROSORES DE LAS LÍNEAS

- Las líneas de dimensión, extensión y centrales deben ser delgadas, definidas y negras.
- Haga las líneas ocultas con un grosor medio y negras.
- Haga las líneas visibles y las líneas cortantes al plano gruesas y negras.
- Haga las líneas de construcción delgadas y claras.



LÍNEAS HORIZONTALES

- Sostenga su lápiz en forma natural aproximadamente a 1 pulgada de la punta y casi en ángulo recto con la línea que pretende dibujar.
- Dibuje las líneas horizontales de derecha a izquierda con un movimiento de muñeca y brazo libre.



DIBUJO DE LÍNEAS VERTICALES

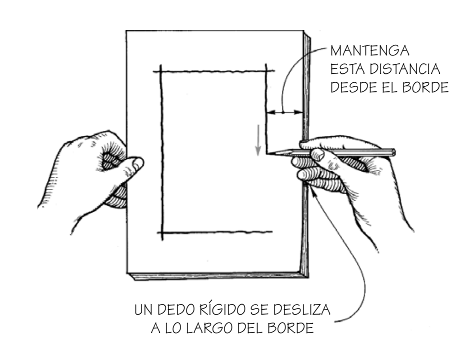
- Dibuje las líneas verticales hacia abajo con movimientos de dedo y muñeca.



DOS MÉTODOS PARA HACER CUADROS O "CAJAS" CON LÍNEAS HORIZONTALES Y VERTICALES

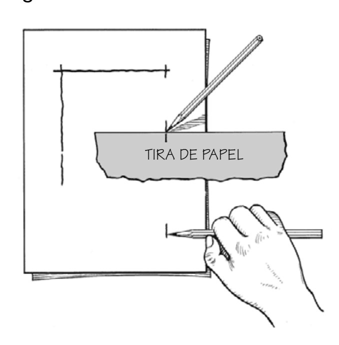
Método A

Sostenga su lápiz con firmeza y siga con un dedo rígido el borde del papel, para mantener una frontera uniforme.



Método B

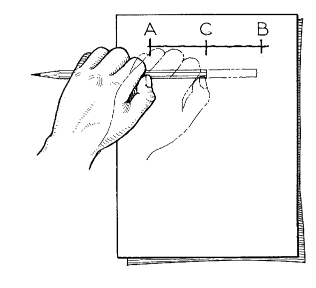
Marque la distancia en una tira de papel y utilícela como regla. Sostenga su lápiz como se muestra en la figura y haga marcas de distancia inclinando el lápiz hacia el papel. Deslice su mano a la siguiente ubicación.



DOS MÉTODOS PARA ENCONTRAR PUNTOS MEDIOS

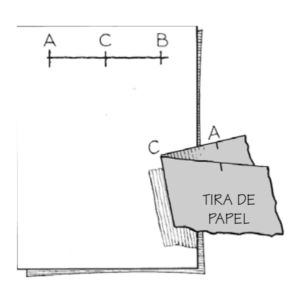
Método A

Mida la distancia media con su lápiz. Pruebe la distancia a la izquierda y a la derecha hasta que ambas sean iguales.



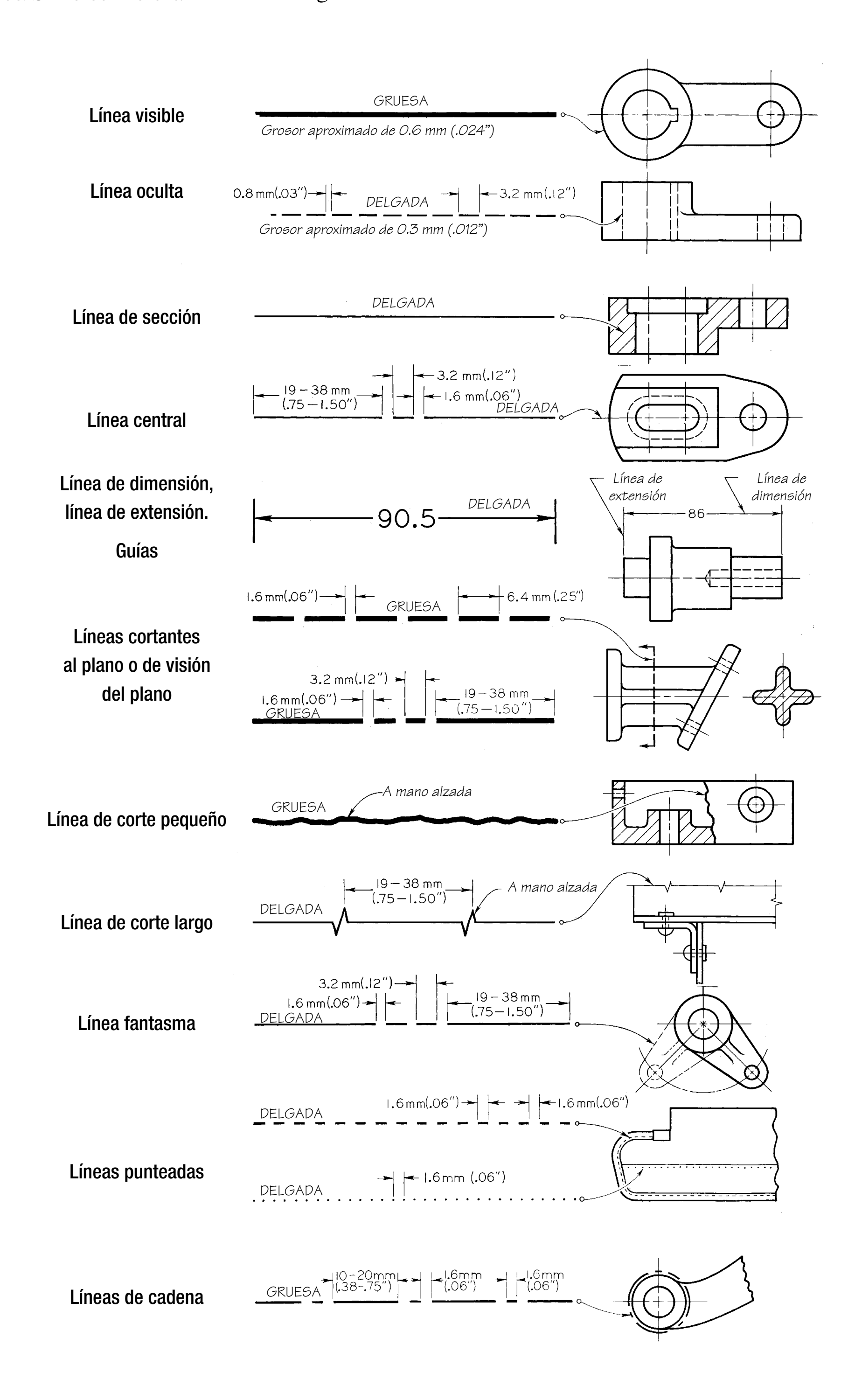
Método B

Marque los extremos de la línea en una tira de papel. Doble el papel hasta unir sus dos extremos y utilice el doblez como el punto medio.

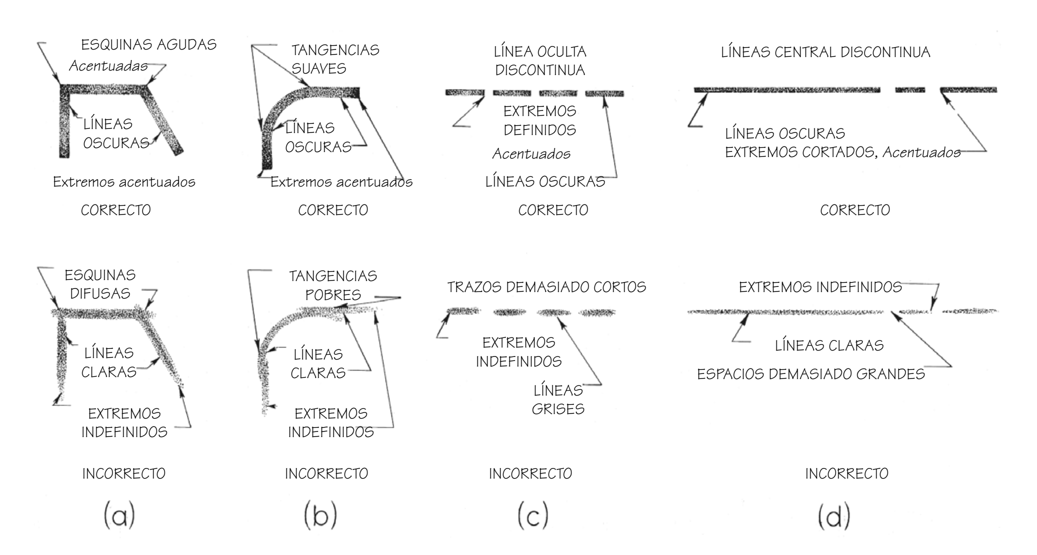


3.6 ■ ESTILOS DE LÍNEAS

Cada línea de un dibujo técnico tiene un significado definido. En los dibujos se utilizan dos grosores diferentes de líneas —gruesa o delgada— y los distintos estilos indican su significado. Una persona que lee un dibujo depende de los estilos de línea para entender si una línea es visible u oculta, si representa un eje central o si su propósito es comunicar información de las dimensiones. Si no se hicieran estas distinciones, los dibujos se convertirían en una gran cantidad de rayas confusas. Para hacer dibujos claros y legibles, debe hacerse un contraste entre los dos grosores de línea: las líneas gruesas, como las visibles y las cortantes al plano, deben ser el doble de gruesas que las líneas delgadas; éstas últimas se utilizan para líneas de construcción, de dimensión, de extensión, centrales y líneas fantasmas. En la figura 3.6 se muestran los diferentes estilos de línea

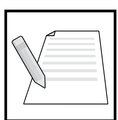


■ **FIGURA 3.6** ■ Alfabeto de líneas (tamaño normal).



■ **FIGURA 3.7** ■ Técnica de las líneas (aumentado).

que utilizan los diseñadores. Todas las líneas, excepto las de construcción, deben ser definidas y oscuras, las líneas de construcción deben ser muy claras, de forma que no sean muy visibles en el dibujo terminado. En las figuras 3.7 y 3.8 se muestran ejemplos de la técnica para bosquejar con el uso de diferentes patrones de línea.

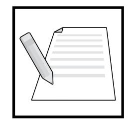


Encuentre la hoja de trabajo 3.1 en la sección de hojas desprendibles y practique el bosquejo de líneas a mano alzada. Es probable que desee utilizar su propio papel para realizar prácticas adicionales.

3.7 ■ BOSQUEJO DE CÍRCULOS, ARCOS Y ELIPSES

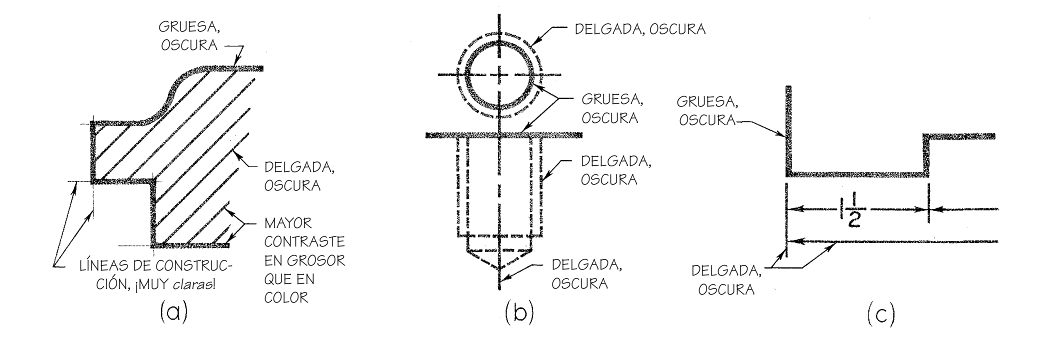
Los círculos y arcos pequeños pueden bosquejarse en uno o dos trazos sin ninguna elaboración de bloques preliminares. El bosquejo de arcos es similar al de círculos. En general, es más fácil bosquejar arcos sosteniendo el lápiz dentro de la curva. En la creación de bosquejos de arcos, deben observarse de cerca las construcciones geométricas reales y aproximar con cuidado todos los puntos de tangencia de manera que el arco toque una línea u otra entidad en el punto correcto. Las plantillas de círculos también facilitan el bosquejo de círculos exactos de diferentes tamaños.

Si un círculo se inclina con respecto a una vista determinada, aparenta ser una elipse. En la figura 3.9 se muestra una moneda vista de manera que parece una elipse. Es posible aprender a bosquejar pequeñas elipses con un movimiento de brazo libre similar a la forma en que se bosquejan los círculos, o se pueden utilizar plantillas de elipse para bosquejar con mayor facilidad. Por lo general, estas plantillas se agrupan de acuerdo con el grado de rotación que debería tener una forma circular para formar la elipse. Comúnmente cada plantilla proporciona cierto número de elipses, pero sólo una o dos rotaciones típicas.



Encuentre la hoja de trabajo 3.2 en la sección de hojas desprendibles y practique el bosquejo de círculos y elipses. La práctica adicional en hojas blancas, pizarras o pizarrones le ayudará a crear círculos y elipses con rapidez y exactitud.

■ **FIGURA 3.8** ■ Contraste de líneas (aumentado).







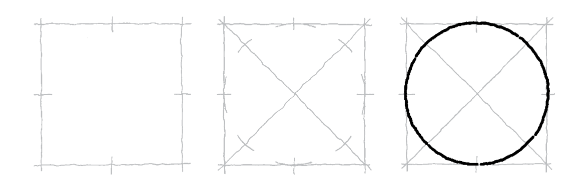
Paso a paso 3.1

Bosquejo de círculos

TRES MÉTODOS PARA BOSQUEJAR CÍRCULOS

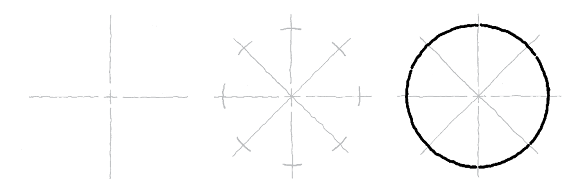
Método A

1. Bosqueje con líneas finas el cuadro que contendrá al círculo y marque el punto medio de cada lado.
2. Dibuje con líneas claras arcos que conecten los puntos medios.
3. Oscurezca el círculo final.



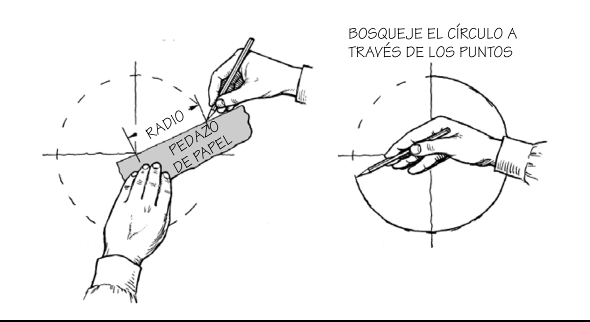
Método B

1. Bosqueje las dos líneas centrales.
2. Agregue líneas radiales finas a 45 grados. Bosqueje arcos finos a través de las líneas con un mismo radio estimado desde el centro.
3. Oscurezca el círculo final.

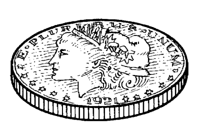


Método C

1. Marque el radio estimado en el borde de una tarjeta o pedazo de papel y, midiendo desde el centro, establezca todos los puntos de la circunferencia que desee.
2. Bosqueje el círculo final a través de estos puntos

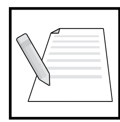








■ **FIGURA 3.9** ■ Círculo visto como una elipse.



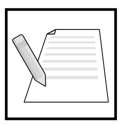
Después de haber estudiado los pasos para dibujar círculos, elipses y arcos que se muestran en los cuadros de Paso a paso 3.1, 3.2 y 3.3, encuentre la hoja de trabajo 3.3 en la sección de hojas desprendibles. Aplique las técnicas para crear líneas y curvas que ha aprendido para bosquejar partes reales.

3.8 ■ CONSERVACIÓN DE LAS PROPORCIONES

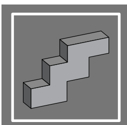
La regla más importante en los bosquejos a mano alzada es conservar la proporción. Sin importar qué tan brillante sea la técnica o qué tan bien dibujados estén los pequeños detalles, si las proporciones están mal, el bosquejo será poco útil. Para mantener el bosquejo en proporción, primero es necesario determinar las proporciones relativas de la altura con la anchura y ajustarlas con trazos claros. Después bosqueje con trazos claros las áreas de tamaño medio y los detalles pequeños.

A continuación puede compararse cada nueva distancia estimada con distancias ya establecidas. Una forma de estimar distancias es marcar una unidad arbitraria en el borde de una tarjeta o tira de papel. Después puede verse cuántas unidades tiene el objeto a lo alto y a lo ancho.

Para bosquejar un objeto con muchas curvas a una escala diferente se recomienda utilizar el método de los cuadros. Sobre la figura original, trace líneas exactas para formar una malla con cuadros uniformes de algún tamaño conveniente. Lo mejor es utilizar una escala y un espaciado apropiados, como 1/2 pulgada o 10 mm. Sobre la hoja nueva, trace una malla similar donde marque el espacio entre las líneas proporcional al original, pero reducido o aumentado según se requiera. Dibuje los contornos del objeto dentro y a través de las líneas de la nueva cuadrícula para copiar el original con tanta fidelidad como sea posible.



Encuentre la hoja de trabajo 3.4 en la sección de hojas desprendibles. Sobre la cuadrícula utilice el método de los cuadros para agrandar la forma de un automóvil y un detalle fotográfico de su elección.

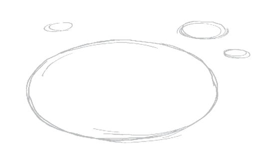


Paso a paso 3.2

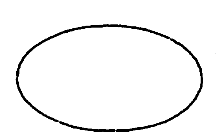


Tres formas de bosquejar una elipse

Método A

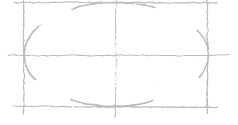


1. Sostenga el lápiz en forma natural, descanse su peso sobre la parte superior del antebrazo y mueva el lápiz con rapidez sobre el papel, en la trayectoria elíptica que desee.
2. Baje el lápiz para dibujar con líneas finas algunas elipses sobrepuestas.

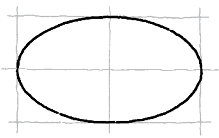


3. Oscurezca la elipse final.

Método B

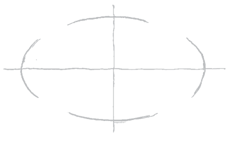


1. Bosqueje con claras el rectángulo que contendrá a la elipse.
2. Marque los puntos medios de los lados y bosqueje con trazos ligeros los arcos tangentes, como se muestra en la figura.

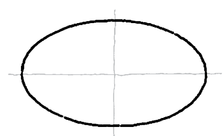


3. Complete la elipse con líneas claras y después oscurezca la elipse final.

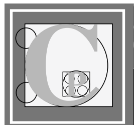
Método C



1. Para bosquejar una elipse sobre ejes dados, dibuje finamente sobre los ejes mayor y menor de la elipse.
2. Marque la distancia a lo largo de los ejes y con líneas finas haga un esbozo de la elipse.



3. Oscurezca la elipse final.

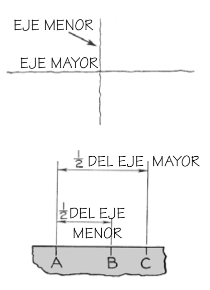


Consejo práctico

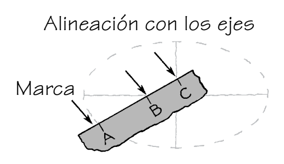
Uso del método de tramos

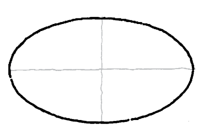
El método de tramos es una buena forma de bosquejar elipses exactas.

Marque una mitad de la longitud deseada para el eje menor en el borde de una tarjeta o tira de papel (A-B). A partir del mismo punto de inicio, marque una mitad de la longitud del eje mayor (A-C). Las mediciones se traslaparán.

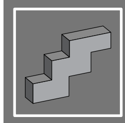


Después, proceda a alinear los dos últimos puntos de la traba (B y C) sobre los ejes y haga una marca pequeña en la ubicación del primer punto (A). Mueva los tramos a diferentes posiciones mientras mantiene B y C sobre los ejes y marque puntos en A para definir la elipse.





Bosqueje la elipse final recorriendo los puntos, como se muestra en la figura.



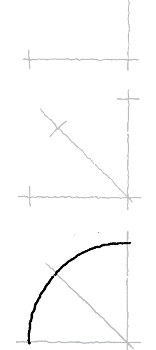
Paso a paso 3.3

Tres métodos para bosquejar arcos



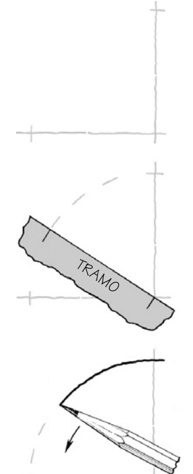
Método A

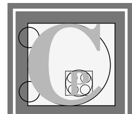
1. Localice el centro del arco y encájelo con líneas perpendiculares ligeras. Marque la distancia de radio a lo largo de las líneas.
2. Dibuje una línea de 45 grados a través del punto central y marque la distancia de radio a lo largo de éste.
3. Bosqueje ligeramente el arco como se muestra en la figura. Oscurezca el arco final.



Método B

1. Localice el centro del arco y encájelo con líneas perpendiculares ligeras. Marque la distancia de radio a lo largo de las líneas.
2. Una vez localizado el centro del arco, marque la distancia de radio en una tira de papel y utilícela como un tramo.
3. Bosqueje ligeramente el arco como se muestra en la figura. Oscurezca el arco final.



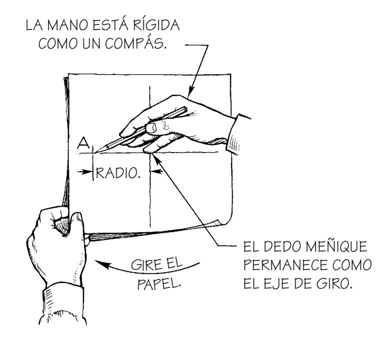


Consejos prácticos

Círculos a mano alzada

Este método para dibujar círculos a mano alzada es particularmente rápido y sencillo.

Utilizando su mano como compás puede crear círculos y arcos con exactitud sorprendente después de unos minutos de práctica.

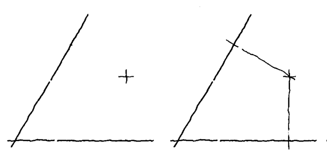


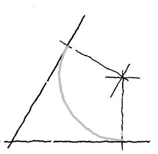
1. Coloque la punta de su dedo meñique o el nudillo de ese mismo dedo en el centro.
2. Ajuste el lápiz en el radio deseado justo como lo hace con un compás.
3. Mantenga esta posición rígida y gire el papel con la mano libre.

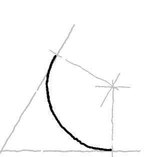
Método C

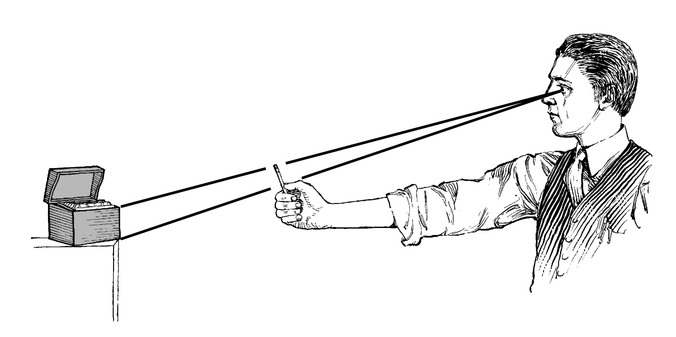
Utilice estos pasos para dibujar arcos bosquejados a puntos de tangencia.

1. Localice el centro del arco y bosqueje las líneas a las cuales es tangente el arco.
2. Dibuje líneas perpendiculares desde el centro hasta las líneas tangentes.
3. Dibuje el arco tangente a las líneas finalizando en las líneas perpendiculares.
4. Oscurezca el arco y después las líneas desde los puntos de tangencia.









■ **FIGURA 3.10** ■ Estimación de dimensiones.

Al crear bosquejos de un objeto real, es posible comparar las diferentes distancias en el objeto usando al lápiz como una mira (vea la figura 3.10). Sostenga su lápiz con el brazo estirado y no cambie su posición. Compare la longitud observada con las otras dimensiones del objeto para mantener las proporciones correctas. Si el objeto es pequeño, como una parte mecánica, puede comparar distancias colocando directamente el lápiz sobre el objeto. Al establecer proporciones, utilice el método de esbozo que se muestra en el cuadro "Paso a paso 3.5", en especial para formas irregulares.

3.9 ■ AJUSTE DE VISTAS EN PAPEL

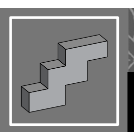
Debido a la gran cantidad de detalles que deben mostrarse para representar objetos complejos con claridad, es necesario utilizar ***tamaños de hoja*** y escalas de dibujo que permitan que la información llegue clara al lector. Por ejemplo si la parte que se dibuja es muy pequeña, será necesario mostrarlo aumentado. Si el dibujo es de un sistema grande, será necesario representar los detalles a una escala y el plano general a otra menor.

3.10 ■ MEDIO DE DIBUJO

Cada diseñador debe encontrar un medio de dibujo que funcione para su trabajo particular. Existen muchos tipos diferentes de papel para dibujo. El papel vitela y el cuadriculado azul son populares y vienen en varios tamaños. Algunas compañías proporcionan vitela, papel y cuadernos de ingeniería en tamaños estándar impresos con el logotipo y nombre de la compañía.

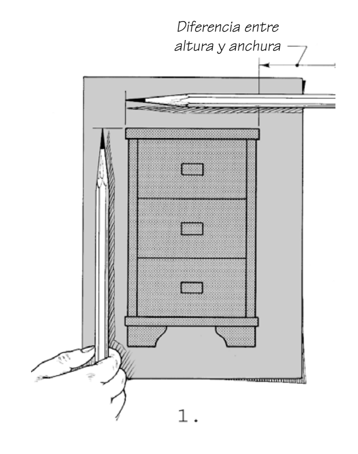
La película de poliéster, o ***Mylar***, es uno de los mejores materiales para dibujo; ya que permite borrarse con limpieza y es transparente, durable, y tiene una alta estabilidad dimensional (no se estira ni se encoge). Muchas

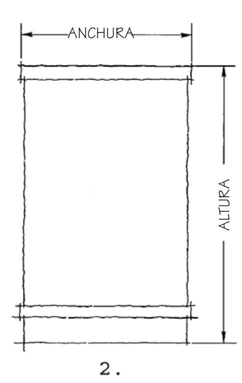




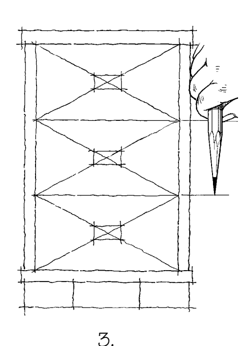
Paso a paso 3.4
Bosquejo de un gabinete utilitario

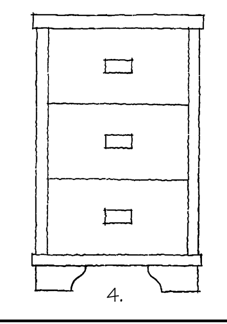
1. Si trabaja a partir de una imagen dada, como la de este gabinete utilitario, primero establezca la anchura relativa comparada con la altura. Una forma es utilizar el lápiz como instrumento de medición. En este caso, la altura es alrededor de 1.75 veces la anchura.
2. Bosqueje el rectángulo que contendrá al gabinete en la proporción correcta. Este bosquejo será un poco más grande que la imagen dada.

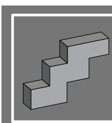




3. Divida el espacio disponible para los cajones en tres partes: sostenga su lápiz desde donde piensa que está un tercio del gabinete y después pruebe esa medida. Si es demasiado larga o muy corta, ajuste la medida e intente de nuevo. Bosqueje diagonales claras para localizar los centros de los cajones y esboce las asas de los cajones. Bosqueje todos los detalles restantes.
4. Oscurezca todas las líneas finales, hasta dejarlas limpias, gruesas y negras.



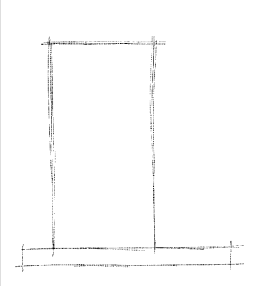


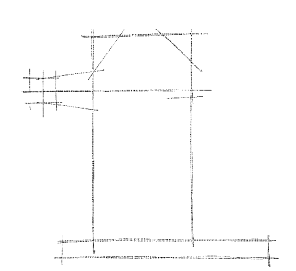


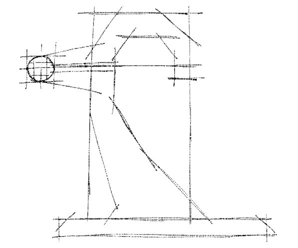
Paso a paso 3.5

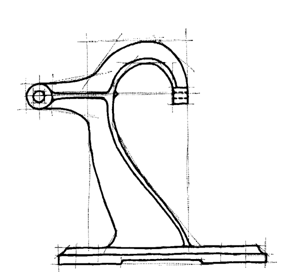
Cómo bosquejar un objeto irregular











1. Capture las proporciones principales con líneas simples.
2. Esboce los tamaños generales y la dirección de flujo de las formas curvas.
3. Esboce con trazos claros los detalles adicionales.
4. Oscurezca las líneas del bosquejo completo.



Manos a la obra 3.1

Esboce el objeto irregular

Esboce la parte que se muestra a la derecha; para ello use los pasos que se muestran en el cuadro “Paso a paso 3.5”.

compañías grafican sus dibujos de CAD finales sobre película de poliéster y los almacenan en una ubicación central donde fácilmente pueden hacerse borradores y copias para su distribución.

3.11 ■ HOJAS ESTÁNDAR

El papel y el Mylar vienen en rollos y hojas de tamaño estándar. El ANSI tiene una lista con dos sistemas de tamaños de hojas, junto con su longitud, anchura y código de denominación, como se muestra en la tabla 3.1.

El uso del tamaño básico de hoja, 8-1/2 × 11 pulgadas o 210 × 297 mm, y sus múltiplos permite conservar pequeños dibujos, e impresiones dobladas en archiveros estándar con o sin correspondencia. Estos tamaños pueden cortarse sin desperdicio de los rollos estándar de papel, tela o película.

Para ver designaciones de configuración, bloques de título, bloques de revisión y una lista de materiales vea las disposiciones o distribuciones de hoja en la segunda de forros de este libro.



■ **FIGURA 3.11** ■ Tarjeta de circuitos impresos. *Naciones Unidas/Guthrie.*

3.12 ■ ESCALA

El dibujo de un objeto puede ser del mismo tamaño que el objeto (tamaño completo), más grande o más pequeño. La **escala** elegida depende del tamaño del objeto y del tamaño de la hoja que se utilizará. Por ejemplo, una parte de máquina puede dibujarse a la mitad de su tamaño, una construcción puede dibujarse a 1/48 de su tamaño, un mapa puede dibujarse a 1/1200 de su tamaño, una tarjeta de circuitos impresos puede dibujarse a cuatro veces su tamaño (figura 3.11). En ocasiones se prefiere mostrar partes o ensambles a escala completa cuando esto resulta práctico. Cuando los elementos de un dibujo son muy grandes o muy pequeños para mostrarlos a escala completa, se elige alguna otra que los presente con claridad.

Los dispositivos de medición de escalas, llamados **escalímetros**, se utilizan para elaborar dibujos técnicos de tamaño completo, aumentados o reducidos. En la figura 3.12 se muestran los escalímetros: (a) ***métrico***, (b) ***de ingeniería***, (c) ***decimal***, (d) ***de ingeniería mecánica*** y (e) ***de arquitectura.*** En los escalímetros divididos por completo, las unidades básicas se subdividen a lo largo de las escalas. En los escalímetros divididos abiertamente, como los de arquitectura, sólo se subdivide la unidad final.

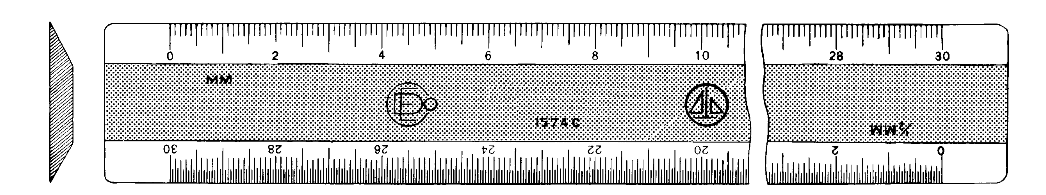
TABLA 3.1 ■ Tamaños de hoja.

Tamaño internacional más cercano[a] (milímetros).	Tamaño estándar en Estados Unidos[a] (pulgadas).
A4 210 × 297	A 8.5 × 11.0
A3 297 × 420	B 11.0 × 17.0
A2 420 × 594	C 17.0 × 22.0
A1 594 × 841	D 22.0 × 34.0
A0 841 × 1189	E 34.0 × 44.0

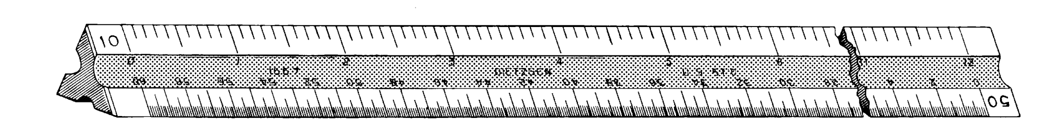
[a] ANSI Y14.1m-1992.

3.13 ■ ESCALAS DECIMALES

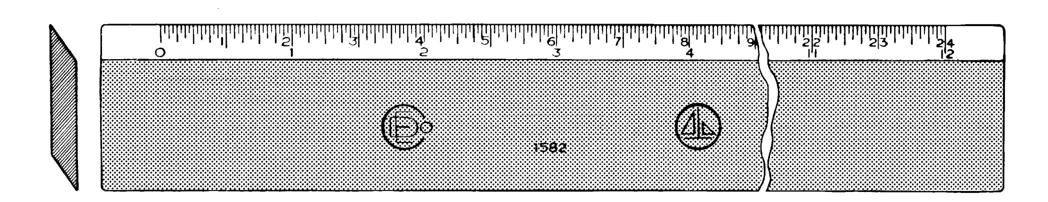
En el escalímetro decimal de tamaño completo, cada pulgada se divide en quintos (0.02 pulgadas) (figura 3.13c); y en los de un medio o un cuarto del tamaño, las pulgadas se comprimen a la mitad o un cuarto de su tamaño y después se dividen en 10 partes, de forma que cada subdivisión representa 0.1 pulgadas. En el capítulo 9, aprenderá más acerca del sistema de dimensionamiento decimal en pulgadas. Los escalímetros de ingeniería están graduados con un tipo de escala decimal. Sus unidades de 1 pulgada se dividen en 10, 20, 30 40, 50 y 60 partes, lo que los hace útiles para dimensiones decimales. Para medir 1.65 pulgadas a tamaño completo en la escala 10, debe usarse una división principal más seis subdivisiones (figura 3.13a). Para mostrar la misma dimensión a un medio de esa escala, se utiliza la escala 20, que es la mitad de la escala 10 (figura



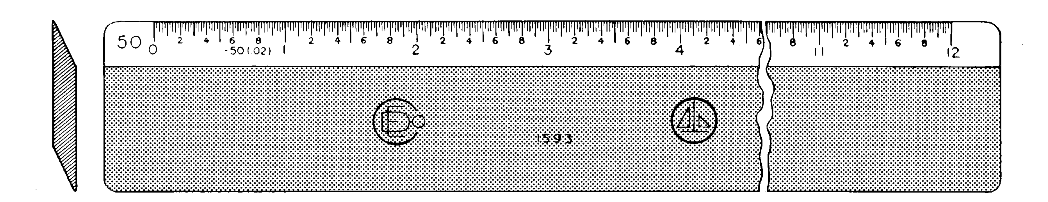
(a) Métrico



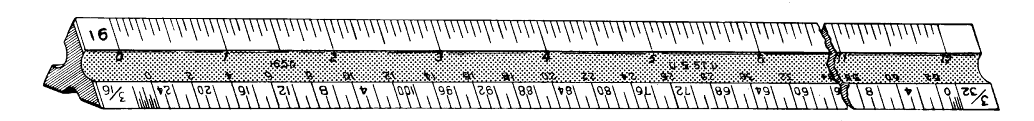
(b) De ingeniería



(c) Decimal

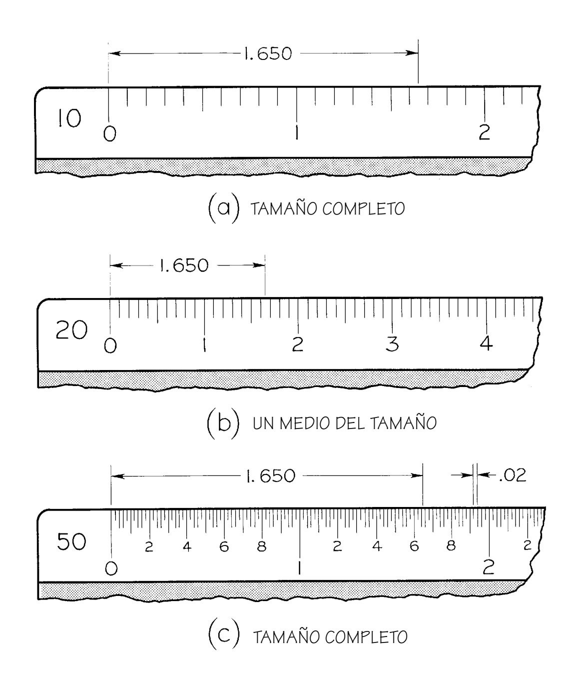


(d) De ingeniería mecánica



(e) De arquitectura

■ **FIGURA 3.12** ■ Tipos de escalímetros.



■ **FIGURA 3.13** ■ Decimal Dimensions.

3.13b). Para mostrarla a un cuarto de su tamaño se usa la escala 40.

El escalímetro de ingeniería también se utiliza para dibujar mapas y planos a escalas 1 pulgada = 50 pies, 1 pulgada = 500 pies y 1 pulgada = 5 millas, y para dibujar diagramas de esfuerzos u otras construcciones gráficas con escalas como 1 in. = 4,000 lb.

3.14 ■ ESCALÍMETROS MÉTRICOS

A continuación se listan algunos equivalentes en el sistema métrico:

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ milímetro } \left(\tfrac{1}{1000} \text{ de un metro}\right)$$

$$1 \text{ cm} = 1 \text{ centímetro } \left(\tfrac{1}{100} \text{ de un metro}\right)$$
$$= 10 \text{ mm}$$

$$1 \text{ dm} = 1 \text{ decímetro } \left(\tfrac{1}{10} \text{ de un metro}\right)$$
$$= 10 \text{ cm} = 100 \text{ mm}$$

$$1 \text{ m} = 1 \text{ metro}$$
$$= 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$$

$$1 \text{ km} = 1 \text{ kilómetro} = 1000 \text{ m}$$
$$= 100{,}000 \text{ cm} = 1{,}000{,}000 \text{ mm}$$

Existen escalímetros métricos en los estilos plano y triangular, y con una variedad de graduaciones. El escalímetro triangular de la figura 3.14 tiene una escala de tamaño completo y cinco escalas reducidas, todas divididas en su totalidad. Mediante el uso de estas escalas es posible hacer dibujos de tamaño completo, aumentado o reducido.

TAMAÑO COMPLETO. La escala 1 : 1 que se muestra en la figura 3.14a es de tamaño completo y cada división tiene 1 mm de ancho, con las divisiones en la escala a intervalos de 10 mm. La misma escala también es conveniente para razones de 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1,000, y así sucesivamente.

MITAD DEL TAMAÑO. La escala 1 : 2 que se muestra en la figura 3.14a, es de una mitad del tamaño, y cada división es igual a 2 mm, con divisiones en la escala a intervalos de 20 unidades. Esta escala también es conveniente para razones de 1 : 20, 1 : 200, 1 : 2,000, y así sucesivamente.

Las cuatro escalas restantes en esta escala métrica triangular incluyen las razones de escala típicas de 1 : 5, 1 : 25, 1 : 33-1/3, y 1 : 75, que se muestran en las figuras 3.14b y 3.14c. Estas razones también pueden aumentarse o reducirse como se requiera, multiplicando o dividiendo por o entre 10. Las escalas métricas también están disponibles con otras razones de escala para los propósitos de un dibujo específico.

El escalímetro métrico se utiliza para la elaboración de mapas y planos, en el dibujo de diagramas de fuerza y partes de máquina, o para otros usos donde se utilicen unidades como 1 mm = 1 kg y 1 mm = 500 kg. Muchas de las dimensiones que se encuentran en las ilustraciones y problemas de este texto se dan en unidades métricas.

Las dimensiones que se dan en pulgadas y pies pueden cambiarse a valores métricos por medio de la conversión 1 pulgada = 25.4 mm. En la tercera de forros de este libro pueden encontrarse tablas de equivalencias decimales.

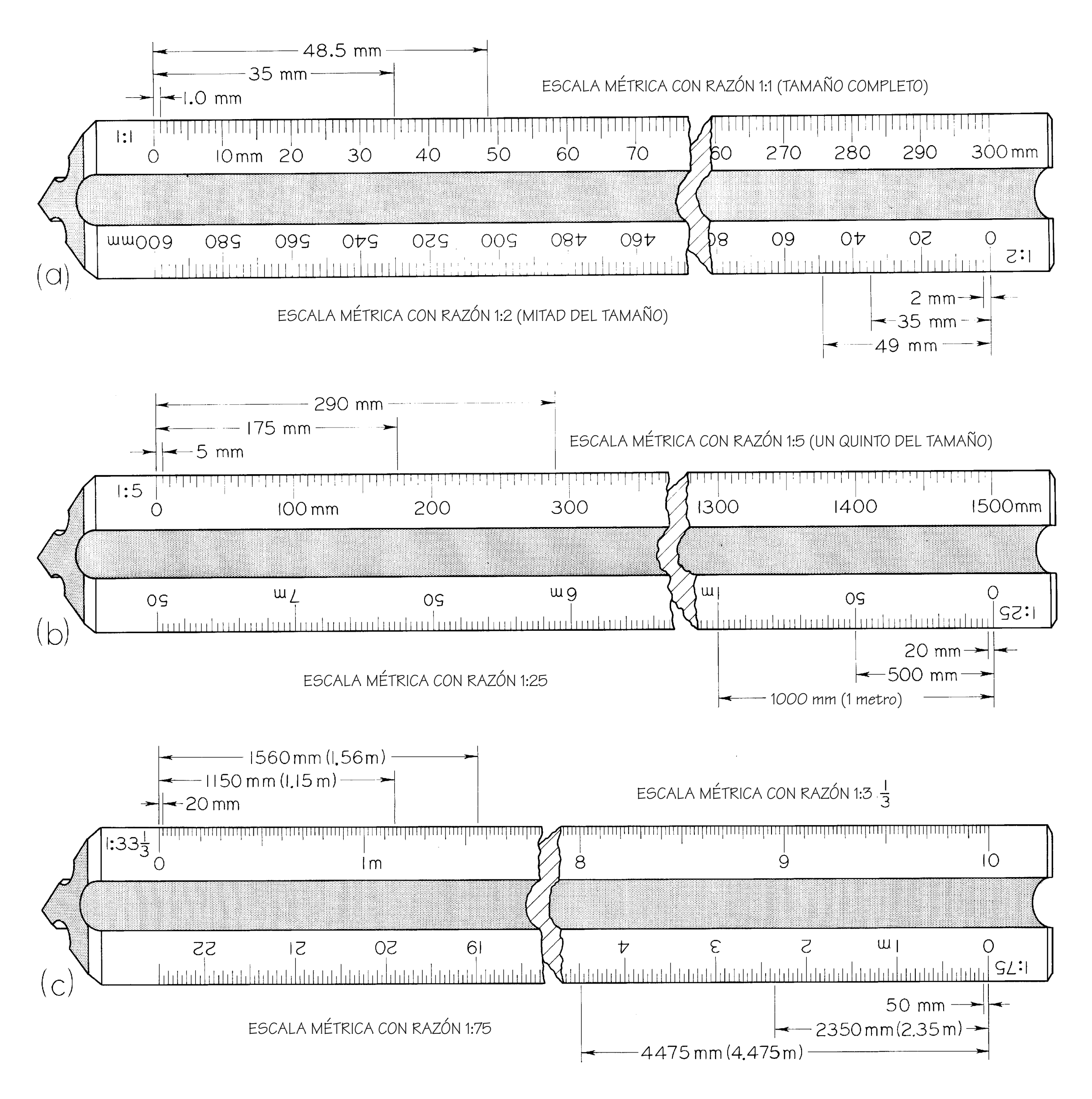
3.15 ■ ESCALÍMETROS EN PIES Y PULGADAS

Aún se emplean algunos escalímetros basados en el sistema de medición de pies y pulgadas, aunque el sistema métrico es más común y aceptado al sistema internacional.

3.16 ■ ESCALÍMETROS DE ARQUITECTURA

Los escalímetros de arquitectura se usan para dibujar edificios, sistemas de tuberías y otras grandes estructuras. La escala de tamaño completo que se muestra en la figura 3.15 también es útil al dibujar objetos relativamente pequeños.

El escalímetro de arquitectura tiene una escala de tamaño completo y 10 escalas sobrepuestas de tamaño reducido. Estas escalas pueden usarse para hacer un dibujo que tiene varias veces el tamaño completo a 1/128 de su



■ **FIGURA 3.14** ■ Escalas métricas.

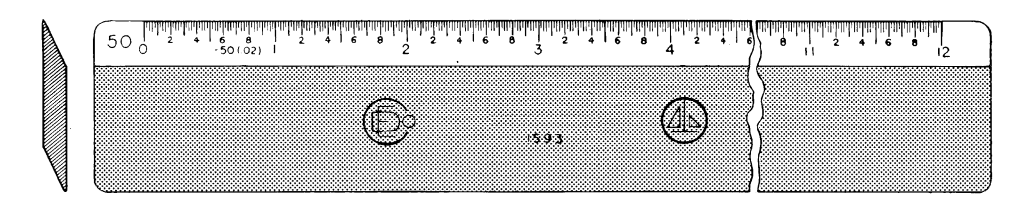
tamaño. *En todas las escalas reducidas, las divisiones mayores representan pies y sus subdivisiones representan pulgadas y fracciones de pulgada*. Por ejemplo, la escala marcada “1/2” significa 1/2 pulg. = 1 pie, *y no* 1/2 pulg. = 1 pulg.

3.17 ■ ESCALÍMETRO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Los objetos representados en dibujos técnicos varían en tamaño desde partes pequeñas, de una pulgada o menos, hasta equipo o partes muy grandes. Al dibujar estos objetos a tamaño completo, un medio, un cuarto o un octavo de su tamaño, es posible ajustarlos a una hoja de papel estándar. Los escalímetros de ingeniería mecánica están divididos en unidades que representan pulgadas a tamaño completo, un medio, un cuarto o un octavo del tamaño, como se muestra en la figura 3.16. Para escalar un dibujo a un medio del tamaño, puede utilizarse la escala marcada “Mitad del tamaño”, graduada de manera que cada media pulgada represente una pulgada.

Los escalímetros triangulares combinados pueden incluir uno de ingeniería mecánica de tamaño completo y mitad de tamaño, varios escalímetros de arquitectura y uno de ingeniería.

■ **FIGURA 3.15** ■ Escalas de los arquitectos.



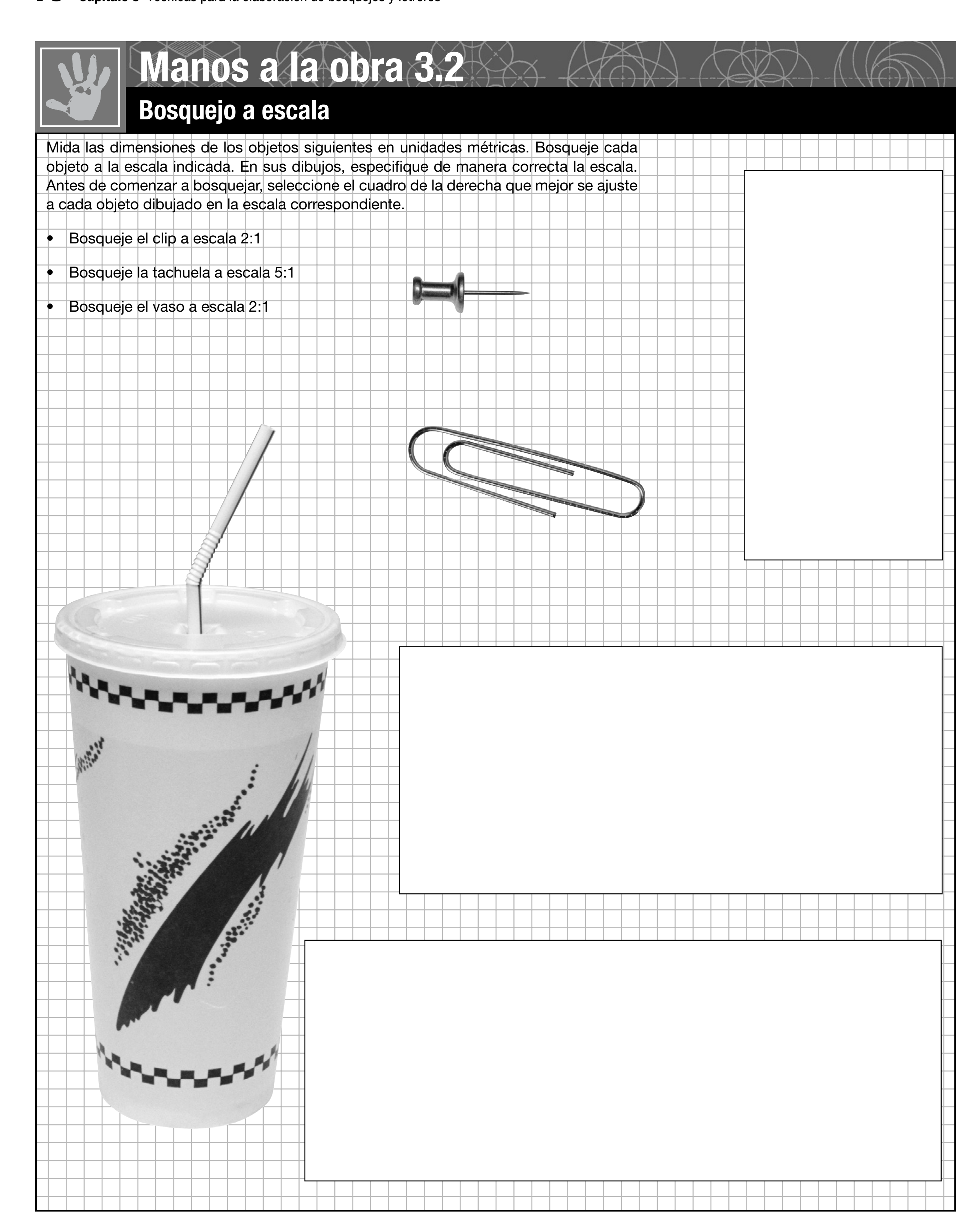
■ **FIGURA 3.16** ■ Escalímetro de ingeniería mecánica.

Manos a la obra 3.2

Bosquejo a escala

Mida las dimensiones de los objetos siguientes en unidades métricas. Bosqueje cada objeto a la escala indicada. En sus dibujos, especifique de manera correcta la escala. Antes de comenzar a bosquejar, seleccione el cuadro de la derecha que mejor se ajuste a cada objeto dibujado en la escala correspondiente.

- Bosqueje el clip a escala 2:1
- Bosqueje la tachuela a escala 5:1
- Bosqueje el vaso a escala 2:1



3.18 ■ ESPECIFICACIÓN DE LA ESCALA EN UN DIBUJO

En dibujos técnicos, la escala indica la razón del tamaño del objeto dibujado respecto a su tamaño real, independientemente de la unidad de medición utilizada. Para reducir el dibujo, las escalas se anotan de la manera siguiente: ESCALA: 1:1, ESCALA: 1:2, o ESCALA: 1. Las escalas para aumentar la figura se especifican como ESCALA: 2:1, ESCALA: 2, ESCALA: 5:1, y así sucesivamente. Las razones de escala métrica más utilizadas son 1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, y 1:200.

Las escalas de mapas se indican en términos de fracciones, como Escala 1/62500, o de manera gráfica como:
400 0 400 800 Ft

3.19 ■ DIBUJOS SIN ESCALA

Para los dibujos donde no resulta adecuado utilizar un escalímetro, como una conexión de cables, un diagrama o algunos elementos pictóricos, se utiliza la palabra "NINGUNA" en el área del cuadro de referencia del dibujo destinada para la escala.

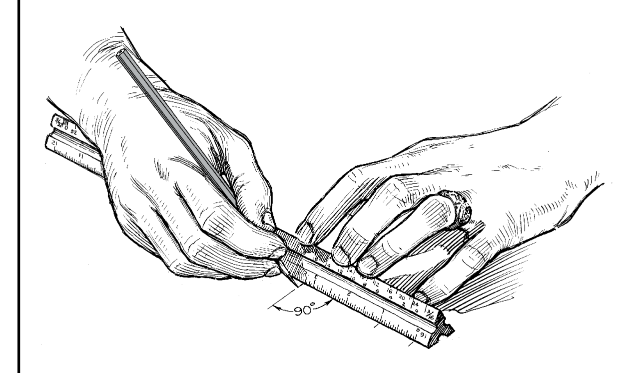
3.20 ■ FECHA DE LOS DIBUJOS

Las fechas en los dibujos deben especificarse en forma numérica. Se recomienda utilizar el orden año-mes-día y seguir uno de estos formatos:

2005-06-22
05-06-22
20050622
050622
2005/06/22
05/06/22

Consejos prácticos
Mediciones exactas

- Los métodos utilizados para medir pueden afectar la exactitud del dibujo, porque incluso un pequeño error se hará más grande al aumentar el tamaño del dibujo.
- Coloque el escalímetro sobre el dibujo con el borde paralelo a la línea sobre la que se realizará la medición. Utilice un lápiz afilado para hacer una pequeña línea en ángulo recto con el escalímetro.



- Los errores acumulados en distancias que van de extremo a extremo pueden evitarse al agregar cada medición sucesiva a la anterior en lugar de mover el escalímetro cada vez. De esta forma se evitará que varios errores menores formen uno más grande.

LETREROS

Con frecuencia se requieren textos para complementar la descripción de un objeto o proporcionar especificaciones detalladas. Los letreros deben ser legibles y fáciles de crear, y utilizar estilos aceptables para el dibujo tradicional y el dibujo en CAD.

3.21 ■ LETREROS A MANO ALZADA

La mayoría de los letreros en ingeniería se realizan con una fuente gótica de un solo trazo. *Fuente* es el nombre de una forma particular de letras. En la figura 3.17 se muestran algunas fuentes comunes. La mayoría de las notas hechas a mano son de 1/8 de pulgada de altura y se escriben dentro de guías horizontales muy finas. Las notas de CAD se introducen desde el teclado y se les da un tamaño acorde con el del dibujo graficado. Las reglas aplicables para la colocación de letreros y notas de CAD se describen en el capítulo 9.

3.22 ■ ESTÁNDARES PARA LETREROS

Los estilos modernos de letras se derivaron del diseño de las letras mayúsculas romanas, cuyos orígenes se remontan hasta los jeroglíficos egipcios. El término *romana* se

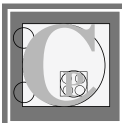
A B C D E F H
a b c d e f g h i j

Romanas Todas las letras que tienen trazos elementales "acentuados" o que consisten en líneas gruesas y delgadas, se clasifican como romanas.

ABCDEFGHI
abdefghijklm

Cursivas *Las letras inclinadas se clasifican como cursivas y pueden ser romanas cursivas o góticas cursivas, por ejemplo.*

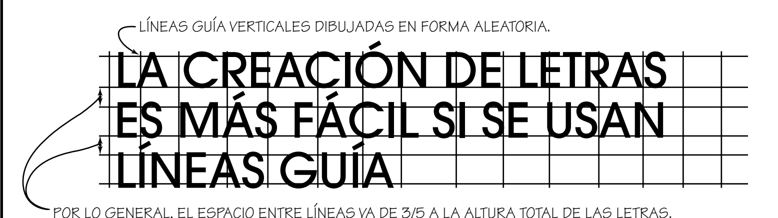
■ **FIGURA 3.17** ■ Una variación de romanas normales (o *redondas*) y romanas cursivas.



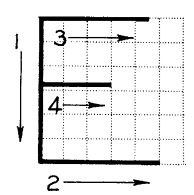
Consejos prácticos

Creación de letras con un lápiz

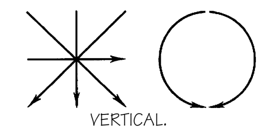
- Use un lápiz suave como F, H o HB. Las letras deben ser oscuras y bien definidas, no grises y borrosas.
- Mantenga su lápiz afilado.
- Afile los lápices de madera hasta que la punta tenga el grosor de una aguja, después redondee un poco la punta.
- Durante la escritura, gire el lápiz con frecuencia para que la punta se gaste de manera uniforme y las letras se mantengan bien definidas.
- No se preocupe por hacer los trazos exactos de las letras a menos que éstas no se distingan bien. Si tiene este problema, los trazos de las letras están diseñados para ayudarlo a dibujar letras uniformes y simétricas.
- Utilice líneas guía horizontales extremadamente delgadas, 1/8 de pulgada (3.2 mm) para regular la altura de las letras. Use unas cuantas líneas delgadas verticales o inclinadas colocadas en forma aleatoria para ayudarle a mantener las letras uniformemente verticales o inclinadas.

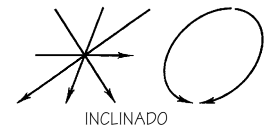


- Como casi todos los letreros hechos a lápiz se reproducirán, las letras deben ser muy oscuras.
- Dibuje los trazos verticales hacia abajo o hacia usted con un movimiento de dedo.
- Dibuje los trazos horizontales de izquierda a derecha con un movimiento de muñeca y sin girar el papel.



- Dibuje los trazos curvos o inclinados con un movimiento hacia abajo.





ZURDOS:

Estos trazos tradicionales fueron diseñados para diestros. Los zurdos deben experimentar con cada letra para encontrar cuáles trazos son los mejores y desarrollar un sistema que les funcione bien.

refiere a cualquier letra con trazos descendentes gruesos, trazos de conexión delgados y extremos que terminan en *espolones* llamados *patines* o *gracias*. A finales del siglo XIX, el desarrollo del dibujo técnico creó la necesidad de un alfabeto simplificado y legible que pudiera dibujarse rápidamente con una pluma ordinaria. Las letras góticas de un solo trazo sin patines (*sans serif*) se utilizan en la actualidad debido a que son muy legibles.

3.23 ■ CREACIÓN DE LETRAS EN COMPUTADORA

La introducción de letras es una característica estándar disponible en los programas gráficos de computadora. Al utilizar software de CAD en un dibujo, es posible agregar títulos, notas e información de las dimensiones; asimismo mediante el comando de texto es posible seleccionar varias fuentes y muchos tamaños de letra. Cuando se requieren modificaciones, resulta fácil hacer los cambios apropiados en las letras mediante la edición del texto existente.

Por lo general, en los dibujos de CAD se utiliza un estilo gótico para los letreros, pero también es frecuente el uso del estilo romano para los títulos. Al crear letras en CAD, una buena regla empírica es no utilizar más de dos fuentes dentro del mismo dibujo. Podría parecer sensato usar una fuente para los títulos y otra diferente para las notas y el texto adicional; sin embargo, es más recomendable tener un par de

tamaños de letra en el dibujo y quizás algunas letras inclinadas, todas con la misma fuente. Algunas veces, la utilización de muchas fuentes en un dibujo es una tentación debido a la amplia variedad disponible en los sistemas CAD; pero, en tono de broma, se dice que los dibujos que usan demasiadas fuentes tienen el mismo estilo que una nota de rescate.

3.24 ■ TÉCNICA PARA LA CREACIÓN DE LETREROS

La creación de letreros es más similar al dibujo a mano alzada que a la escritura; entonces, los seis trazos fundamentales del dibujo y sus direcciones son fundamentales para la elaboración de letreros. Los trazos horizontales se dibujan de izquierda a derecha. Los trazos verticales, inclinados y curvos se dibujan hacia abajo. Para los zurdos, se recomienda utilizar un sistema de trazos similar al que les funciona en los bosquejos.

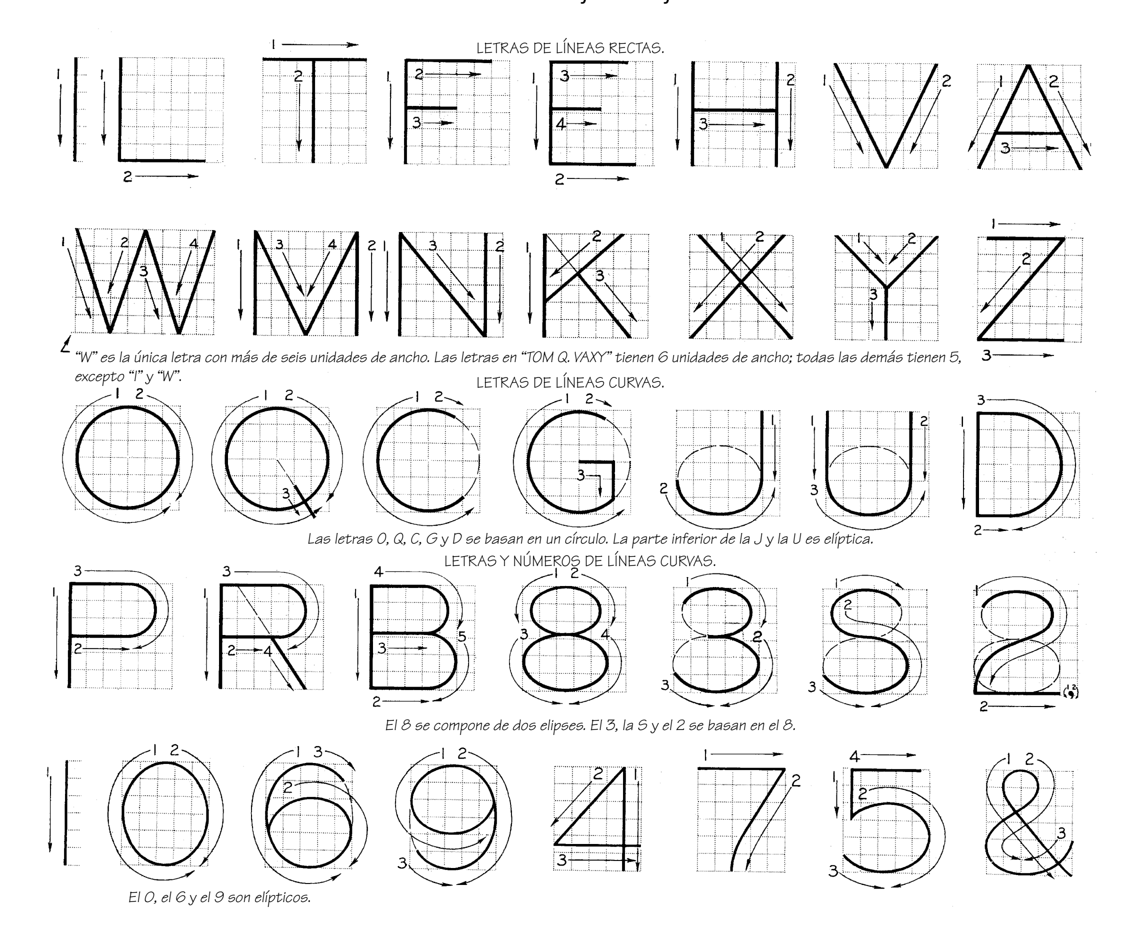
La capacidad para elaborar letreros tiene muy poca relación con la capacidad para escribir. Es posible aprender a hacer letras con bastante nitidez aunque se tenga una letra terrible. Existen tres aspectos necesarios para el aprendizaje de la elaboración de letras:

- Proporciones y formas de las letras: Para hacer buenas letras, es necesario tener una imagen mental clara de su forma correcta.
- Composición: Debe respetarse el espacio entre las letras y las palabras.
- Práctica.

3.25 ■ LETRAS Y NÚMEROS VERTICALES

En la figura 3.18 se muestran las proporciones de las letras mayúsculas y los números sobre una cuadrícula de seis unidades de alto. Las flechas numeradas indican el orden y la dirección de trazos. Los anchos de las letras pueden recordarse con facilidad: la letra I y el número 1 tienen el grosor de un lápiz. La W tiene ocho unidades de ancho (1.333 veces su altura) y es la letra más ancha del alfabeto. Todas las otras letras o números tienen 5 o 6 unidades de ancho, y es fácil recordar las letras de 5 unidades porque al unirlas forman TOM Q. VAXY. Esto significa que la mayoría de las letras son tan anchas como altas (lo que probablemente las hace más anchas que en la escritura normal). Todos los números, excepto el 1, tienen cinco

■ **FIGURA 3.18** ■ Letras mayúsculas y números verticales

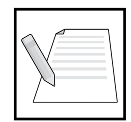


LA IMPORTANCIA DE LOS BUENOS LETREROS NO ESTÁ
SOBREDIMENSIONADA; LOS LETREROS PUEDEN REDONDEAR
UN BUEN DIBUJO O ARRUINARLO EN SU TOTALIDAD.

LA CREACIÓN DE LETREROS A LÁPIZ DEBE LLEVARSE A CABO CON
UN LÁPIZ BASTANTE SUAVE Y AFILADO. LAS LETRAS DEBEN SER BIEN
DEFINIDAS Y OSCURAS. ACENTÚE LOS EXTREMOS DE LOS TRAZOS.

■ **FIGURA 3.19** ■ Letras a lápiz (a tamaño completo).

unidades de ancho. Las letras minúsculas casi nunca se usan en bosquejos de ingeniería.



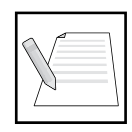
Encuentre la hoja de trabajo 3.5 en la sección de hojas desprendibles y practique la creación de letras mayúsculas verticales sobre la cuadrícula que se proporciona. Preste atención a las flechas que indican la dirección del trazo.

3.26 ■ LÍNEAS GUÍA

Se recomienda utilizar líneas guía horizontales extremadamente delgadas para mantener una altura uniforme en las letras, como se muestra en la figura 3.19. Por lo general, las letras mayúsculas se hacen de 1/8 de pulgada (3.2 mm) de alto, con el espacio entre los renglones desde 3/5 hasta la altura completa de las letras. El tamaño de las letras puede variar de acuerdo con el tamaño de la hoja. Vea la tabla 3.1 para buscar los tamaños estándar de hoja y sus alturas de letra correspondientes. No se recomienda el uso de líneas guía verticales para espaciar las letras; esto debe hacerse a simple vista mientras se crea el letrero. Debe usarse una línea vertical que servirá como guía al inicio de un renglón del texto para ayudar a alinear los bordes izquierdos de los siguientes renglones, o utilizar líneas guía verticales espaciadas en forma aleatoria para mantener la inclinación correcta.

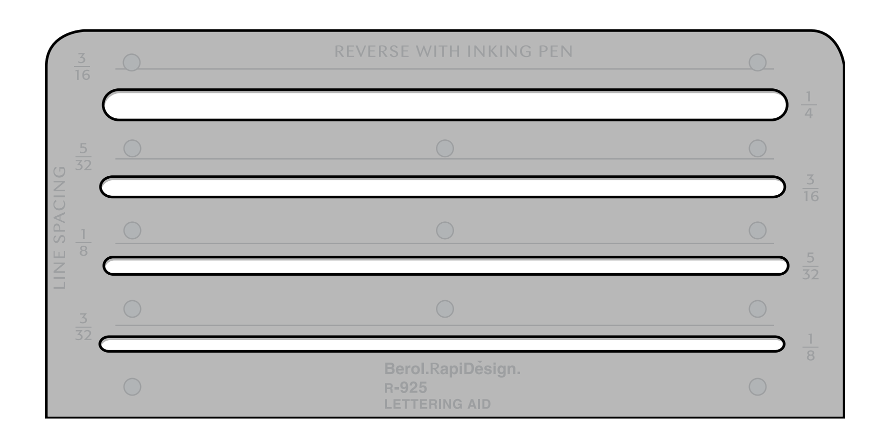
Un método simple para espaciar líneas guía horizontales es utilizar una escala y establecer una serie de espacios de 1/8 de pulgadas, haciendo tanto las letras como los espacios entre los renglones de 1/8 de pulgada de alto. Otro método rápido para crear líneas guía es usar una plantilla de líneas guía como la Berol Rapidesign 925 que se muestra en la figura 3.20.

Cuando se combinan mayúsculas grandes y pequeñas, las mayúsculas pequeñas deben tener de tres quintos a dos tercios de la altura de las mayúsculas grandes.



Encuentre la hoja de trabajo 3.6 y practique la elaboración de letreros con notas típicas, para ello utilice líneas guías de 1/8 de pulgada.

■ **FIGURA 3.20** ■ La plantilla Berol Rapidesign 925 se utiliza para crear con rapidez líneas guía para letreros.





Manos a la obra 3.3

Practique la creación de letreros a mano alzada

Use el espacio proporcionado para repetir las letras o palabras que se muestran a continuación.

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

PRACTIQUE LAS LETRAS A MANO

USANDO VARIOS TAMAÑOS.

LAS LETRAS DE UN OCTAVO DE PULGADA SE USAN

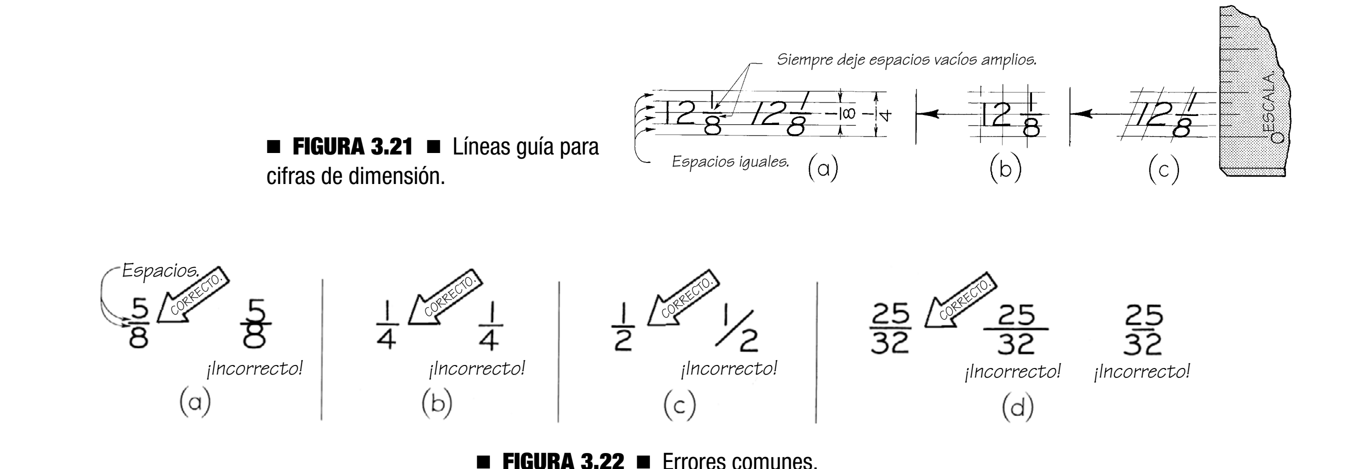
COMÚNMENTE EN BOSQUEJOS A MANO ALZADA. HAGA

LAS LETRAS NEGRAS Y BIEN DEFINIDAS; NUNCA BORROSAS.

$1\frac{1}{2}$ 1.500 45′-6 32° 15.489 1″ = 20′ 3.75

DESPUÉS DE APRENDER A HACER LETRAS VERTICALES, LA ADICIÓN

DE UN SESGO PARA LAS LETRAS INCLINADAS ES SENCILLA.



■ **FIGURA 3.21** ■ Líneas guía para cifras de dimensión.

■ **FIGURA 3.22** ■ Errores comunes.

3.27 ■ LÍNEAS GUÍA PARA NÚMEROS ENTEROS Y FRACCIONES

Los principiantes en dibujo o diseño deben usar líneas guía para trazar números enteros y fracciones. Dibuje cinco líneas guía igualmente espaciadas para los números y fracciones, como se muestra en la figura 3.21. Las fracciones tienen el doble de altura que el número entero correspondiente. Haga el numerador y el denominador cada uno con una altura de alrededor de tres cuartos de la del número entero para permitir espacio suficiente entre ellos y la barra fraccional. Para dimensionamiento, la altura más común utilizada en los números enteros es de 1/8 de pulgada (3.2 mm), y para fracciones 1/4 de pulgada (6.4 mm), como se muestra en la figura.

Algunos de los errores más comunes al trazar fracciones se muestran en la figura 3.22. Para que las fracciones aparezcan de manera correcta:

- Nunca deje que los números toquen la barra fraccional.
- Centre el denominador debajo del numerador.
- Nunca use una barra fraccional inclinada, excepto cuando trace la fracción en un espacio muy estrecho, como en una lista de partes.
- Haga la barra fraccional un poco más grande que la parte más ancha de la fracción.

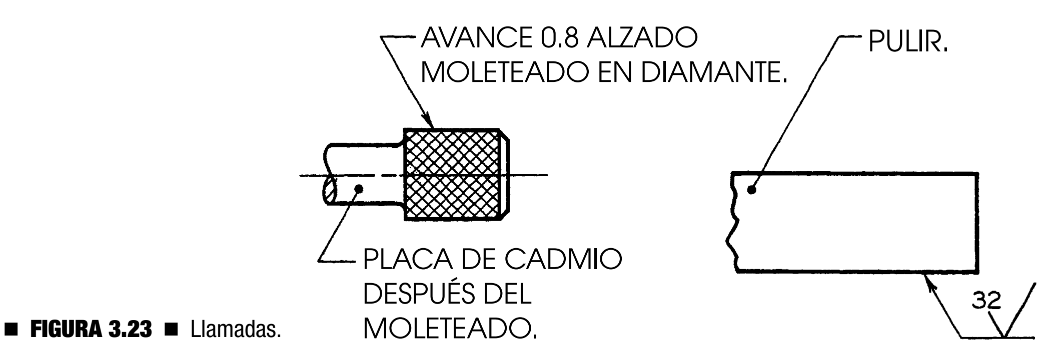
3.28 ■ LLAMADAS

Utilice una línea de llamada para ubicar una nota que haga referencia a una característica particular del dibujo, como se muestra en la figura 3.23. Las llamadas deben tener una cola horizontal de 1/8″ y una línea angulada que termine en una punta de flecha o un punto dependiendo de si la característica está en el borde de la vista o dentro del contorno del objeto. Utilice una flecha para apuntar al borde del objeto. Termine la línea en un punto cuando se refiera a una superficie o característica dentro del contorno del objeto.

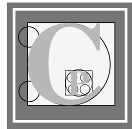
3.29 ■ ESPACIADO DE LETRAS Y PALABRAS

El espaciado uniforme de letras es cuestión de igualar espacios a simple vista para tener mejor comprensión del texto. El área de fondo entre las letras, y no las distancias entre ellas, deben ser aproximadamente iguales. Las distancias iguales de letra a letra ocasionan que éstas parezcan espaciadas de manera desigual. Las áreas de fondo iguales entre las letras producen un espaciado parejo y agradable.

Algunas combinaciones como LT y VA, pueden incluso estar un poco traslapadas para asegurar un buen espaciado. En otros casos, el ancho de una letra puede disminuirse; por ejemplo, el trazo inferior de la L puede acortarse cuan-



■ **FIGURA 3.23** ■ Llamadas.



Consejos prácticos

Creación de letras de apariencia estable

- Ciertas letras y números parecen estar sobrecargados en su parte superior cuando se dibujan con las partes superior e inferior exactamente iguales, como en el siguiente ejemplo.

C G B E K S X Z

- Para corregir esto, reduzca el tamaño de la parte superior para dar una apariencia balanceada, como en este ejemplo.

C G B E K S X Z

- Si se coloca el trazo horizontal central de las letras B, E, F y H a la mitad exacta de la altura, éstas parecerán tener un centro de gravedad bajo.
- Para contrarrestar esta ilusión óptica, dibuje los trazos para B, E, F y H un poco por encima del centro de las letras, lo que mantiene las letras uniformes, como en el segundo de los ejemplos anteriores.
- La misma práctica se aplica a los números. En el ejemplo de arriba parece que los números están sobrecargados en su parte superior. Observe cómo los números del ejemplo de abajo parecen estar más balanceados.

3 8 5 2

3 8 5 2

A la derecha se presenta un buen ejemplo de letrero uniforme. RELATIVAMENTE

A continuación, observe los ejemplos de lo que **no se debe hacer**. Éstos muestran una falta de uniformidad por:

Estilo.	RElaTivaMEntE
Altura de la letra.	RELATIVAMENTE RELATIVAMENTE
Ángulo.	RELATIVAMENTE *RELATIVAMENTE*
Grosor de los trazos.	RELATIVAMENTE RELATIVAMENTE
Espaciado de las letras.	RELATI VAMENTE
Espaciado de las palabras.	HOY ES EL MOMENTO DE QUE TODAS LAS BUENAS PERSONAS VENGAN EN AYUDA DE SU PAÍS.

do está seguida de una A. Estos pares de letras que necesitan colocarse muy cerca para aparecer de manera correcta se llaman ***pares acoplados*** o ***compensados***.

Se recomienda espaciar bastante las palabras, pero espaciar poco las letras dentro de las palabras. Haga que cada palabra sea una unidad compacta bien separada de las palabras adyacentes. Ya sea para letras mayúsculas o minúsculas, haga los espacios entre las palabras aproximadamente iguales a una O mayúscula. Asegúrese de tener espacio entre los renglones, por lo general de la altura de una letra. Los renglones con un espaciado pequeño son muy difíciles de leer y los que están demasiado separados no parecen tener relación.



En la Web existen recursos para la elaboración de letreros y bosquejos. Pueden encontrar distribuidores de artículos para gráficos de ingeniería, o estudiar la historia de la tipografía. También puede localizar información más específica, como los tipos de fuente que pueden ser utilizados en un sistema CAD. Algunas compañías reprográficas ofrecen catálogos en línea y reciben pedidos en forma directa.

Consulte los siguientes sitios para buscar el suministro y equipamiento para gráficos ingenieriles.

- **http://www.reprint-draphix.com/**
- **http://www.esscosupply.com**
- **http://www.seventen.com/art_eng/index.html**
- **http://www.reprographix.com/EngineeringSupplies.htm**

Los siguientes sitios contienen información sobre tipografía.

- **http://www.graphic-design.com/type/**
- **http://www.fonts.com**

Para encontrar otros sitios como éstos, busque palabras clave como *artículos reprográficos* o *tipos fuente ingeniería*.



Manos a la obra 3.4

Práctica de pares acoplados o compensados.

Un espaciado exactamente igual entre todos los pares de letras a veces produce una apariencia dispareja, como en este ejemplo.

LATHING

literate

Lo más recomendable es espaciar los letreros de forma que sean las áreas de fondo entre letras las que produzcan una apariencia pareja, como en el ejemplo que se muestra a continuación.

LATHING

literate

Trace, en las líneas guía, las siguientes palabras de modo que tengan una apariencia visualmente balanceada. Ajuste el espacio entre las letras como se mostró en el ejemplo anterior.

ELIPSES ____________________

MÉNSULA DE ANCLA ____________________

INVOLUTO ____________________

INSTALACIÓN ____________________

EQUILATERAL ____________________

VARIGRÁFICO ____________________

ONDULACIÓN DE SUPERFICIE ____________________

PERFORACIÓN ____________________

AVELLANADOR ____________________

CONTRATALADRO ____________________

FRESADORA ____________________

SUPERFICIE TERMINADA ____________________

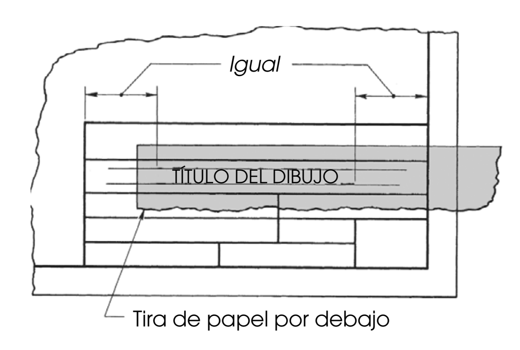
ROSCA UNIFICADA ____________________

DIBUJOS ____________________

INGENIERÍA ____________________

AJUSTE DE UBICACIÓN ____________________

VISUALIZACIÓN ____________________



■ **FIGURA 3.24** ■ Centrado del título en el cuadro.

3.30 ■ TÍTULOS

En la mayoría de los casos, el título y la información relacionada se trazan en ***cuadros de título*** o tiras de título, que pueden imprimirse de manera directa sobre el papel de dibujo o la película de poliéster, como se muestra en la figura 3.24. Por lo general, el título del dibujo principal se centra en un espacio rectangular, lo cual es fácil de hacer en CAD. Cuando se elaboran letreros a mano, coloque el título en forma simétrica respecto a una línea central imaginaria, como se muestra en la figura 3.25. En cualquier tipo de título, las palabras más importantes se resaltan haciéndolas más grandes, más gruesas o de ambas maneras. Otros datos como la escala o la fecha pueden ser más pequeños.

■ **FIGURA 3.25** ■ Título centrado del dibujo de una máquina.

MÁQUINA AFILADORA DE HERRAMIENTAS
APOYO DESLIZANTE PARA LA HERRAMIENTA
ESCALA: TAMAÑO COMPLETO
AMERICAN MACHINE COMPANY
CIUDAD DE NUEVA YORK

DIBUJADO POR ______ REVISADO POR ______

Nota sobre Gráficos

Bosquejo y modelado paramétrico

El proceso de diseño

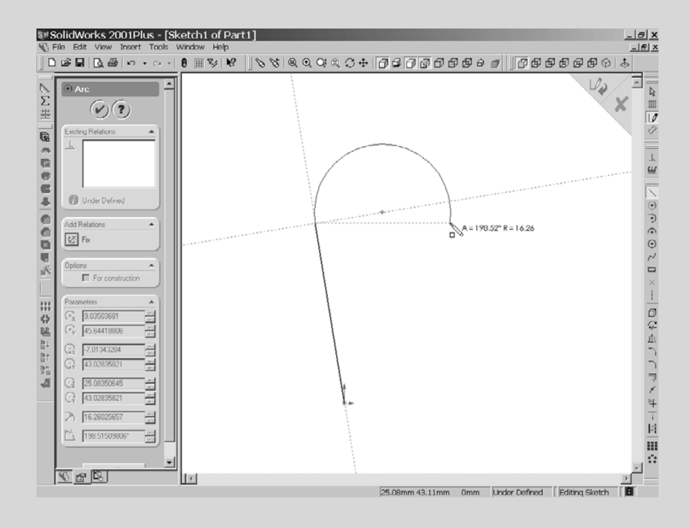
En muchos sentidos, el uso del modelado paramétrico en CAD es idéntico al proceso de diseño. Para aterrizar las ideas iniciales, el diseñador comienza a hacer bosquejos a mano. Después, conforme se refinan las ideas, crea dibujos más precisos, ya sea por medio de instrumentos o con el uso de CAD. Se realiza el análisis necesario y, en respuesta a éste, el diseño puede cambiar; entonces, los dibujos se modifican lo necesario para satisfacer los nuevos requerimientos. En algún momento, los dibujos se aprueban de forma que las partes puedan ser fabricadas.

Bosquejos iniciales

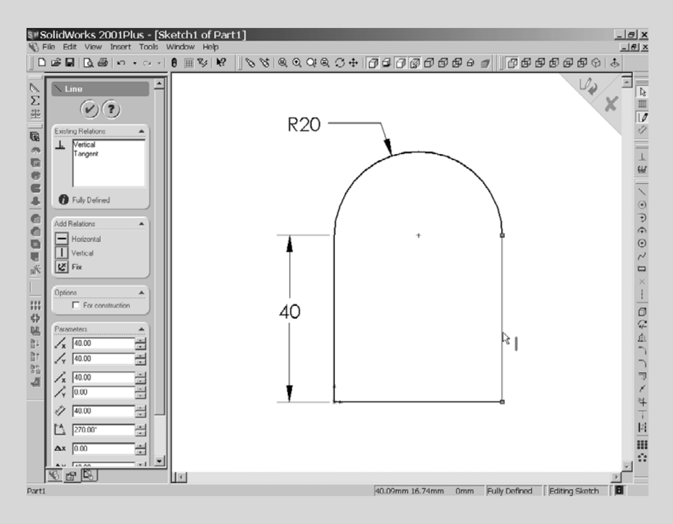
Inicialmente, cuando utiliza software de modelado paramétrico, el diseñador bosqueja de manera burda la forma básica en la pantalla. No es necesario que estos bosquejos tengan líneas rectas perfectas o esquinas exactas. El software interpreta el bosquejo de manera muy parecida comparado con un diseñador que interpreta el bosquejo burdo hecho por un colega. Si las líneas son casi horizontales o verticales, el software supone que el diseñador pretendió hacerlas así; si la línea aparenta ser perpendicular, ésta se asume como tal.

Restricciones del bosquejo

Cuando se usa un sistema de CAD paramétrico, se puede iniciar con la elaboración de bosquejos en la computadora como se hace a mano alzada. Las restricciones geométricas agregadas por el software indican cómo interpretar el bosquejo. Al agregar



(A) Bosquejo inicial.



(B) Bosquejo dimensionado.

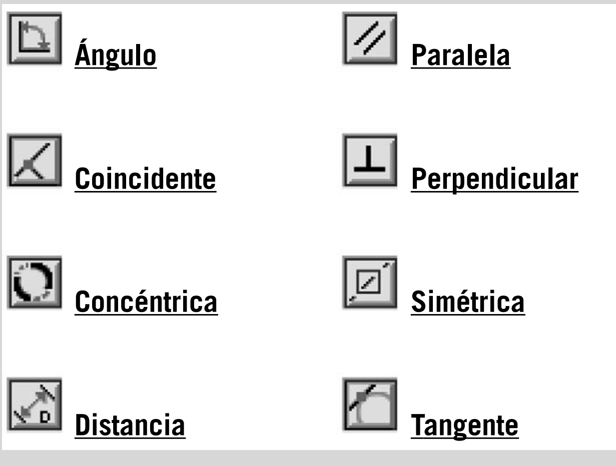
dimensiones paramétricas se controla el tamaño de la geometría del bosquejo. Una vez que el bosquejo se refina, éste puede crearse como un objeto tridimensional al que pueden agregarse otros elementos. Conforme el diseño cambia, las dimensiones y restricciones que controlan la geometría del bosquejo pueden modificarse, y el modelo paramétrico se actualizará para reflejar el nuevo diseño.

Cuando se crean bosquejos a mano o para modelado paramétrico, deben tenerse en cuenta las implicaciones de la geometría que se dibuja. ¿El bosquejo implica que las líneas son perpendiculares? ¿Los arcos dibujados deben ser tangentes o secantes? Cuando se crea un modelo paramétrico, el software hace supuestos acerca de cómo deben ser las restricciones de la geometría con base en el bosquejo del diseñador. En este tipo de software es posible eliminar, cambiar o agregar restricciones según se desee.

Con el uso del software SolidWorks puede crearse un bosquejo burdo como el de la figura A. SolidWorks aplica restricciones geométricas a medida que se elabora el bosquejo. El diseñador puede agregar sus propias restricciones o descartar otras para refinar la geometría del bosquejo, como se muestra en la figura B.

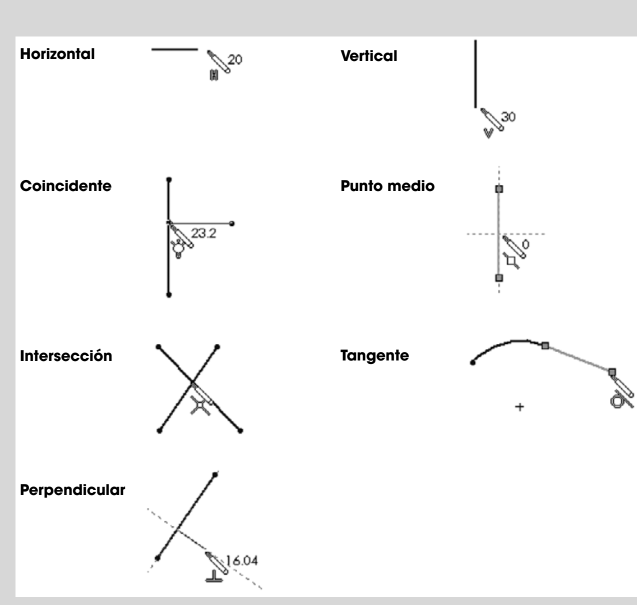
En la figura C se listan algunos tipos de restricciones geométricas que pueden usarse para controlar la geometría del bosquejo en SolidWorks. En la figura D se muestran las restricciones aplicadas a la geometría del bosquejo.

Continúa en la página siguiente.



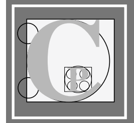
(C) Restricciones geométricas

Imágenes cortesía de SolidWorks Corporation.



(D) Restricciones aplicadas a la geometría del bosquejo.

Cuando se ha terminado el modelo paramétrico, se tiene una parte "inteligente". Cuando es necesario hacer cambios de diseño, se puede modificar una dimensión o restricción, lo que ocasiona que el modelo se actualice en forma automática. Así, es posible generar de inmediato dibujos ortogonales con líneas ocultas y dimensiones mostradas correctamente. Además, la parte puede exportarse para la creación rápida de un prototipo o para su fabricación.

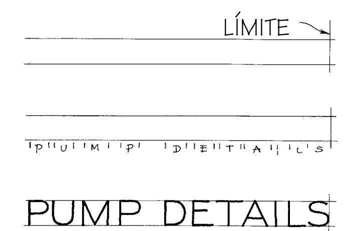


Consejos prácticos

Balanceo de títulos

Elaboración de letreros hasta líneas límite

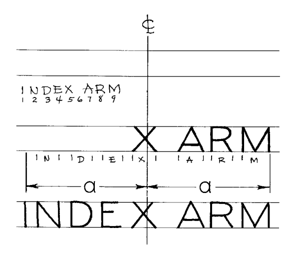
Cuando es necesario elaborar letreros que terminan en una línea límite, establezca los espacios para cada letra de derecha a izquierda; para ello estime el ancho de las letras a simple vista. Después trace las letras desde la izquierda o derecha y por último borre las marcas del espaciado.



Elaboración de letreros con una línea central

Cuando es necesario espaciar las letras en forma simétrica a los lados de una línea central (un muy frecuente caso en títulos) numere las letras como se muestra en la figura (el espacio entre las palabras se considera como una letra).

Coloque la letra media en el centro, dando una tolerancia para las letras delgadas (como I) o letras anchas (como W) en cualquiera de los lados. En el ejemplo, la X se coloca un poco a la izquierda del centro para compensar la presencia de la letra I, que es delgada.



PALABRAS CLAVE

BLOQUE DE TÍTULO
BOSQUEJO
BOSQUEJO A MANO ALZADA
ESCALÍMETRO DE ARQUITECTURA
ESCALÍMETRO DE INGENIERÍA
ESCALÍMETRO DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESCALÍMETRO DECIMAL
ESCALÍMETRO MÉTRICO
ESPACIADO
ESTABILIDAD
GÓTICA
INCLINADA
LETREROS
LÍNEAS CENTRALES
LÍNEAS DE CONSTRUCCIÓN
LÍNEAS GUÍA
LÍNEAS OCULTAS
MYLAR
OBLICUA
PAPEL CUADRICULADO
PARES ACOPLADOS O COMPENSADOS
PATINES (SERIFS)
PROPORCIONES
ROMANA
SOMBREADO
TAMAÑO DE HOJA

RESUMEN DEL CAPITULO

- El bosquejo es una forma rápida de visualizar y resolver un problema de dibujo. Es una forma efectiva de comunicarse con todos los miembros del equipo de diseño.
- Existen técnicas especiales para bosquejar líneas, círculos y arcos. Estas técnicas deben practicarse para que su ejecución resulte casi natural.
- Un método sencillo para estimar tamaños proporcionales es mover hacia arriba o hacia abajo el dedo sobre un lápiz sostenido con el brazo estirado.
- La utilización de una cuadrícula hace que el bosquejo en proporción sea una tarea sencilla. Existen varios tipos de papel para dibujo entre los que se incluyen el cuadriculado y el de cuadrículas isométrica.
- Los bosquejos de círculos pueden construirse mediante la construcción de un cuadrado y la localización de los cuatro puntos tangentes e los que el círculo toca al cuadrado.
- No es necesario que una línea bosquejada luzca como una línea mecánica. La principal distinción entre el dibujo con instrumentos y el bosquejo a mano alzada es el carácter o la técnica del trabajo con líneas.
- Los bosquejos a mano alzada se hacen en proporción, pero no necesariamente a una escala particular.
- Las notas y dimensiones que se agregan a los bosquejos, contienen sólo letras mayúsculas trazadas a mano.
- Los bosquejos y dibujos deben crearse de forma que los detalles se observen con claridad. Es necesario utilizar una escala apropiada para mostrar la parte de manera legible. La escala debe anotarse en el área escogida para tal propósito en el formato o cuadro de referencia del dibujo.
- La fecha debe anotarse en el formato o cuadro de referencia del dibujo con el orden estándar de año-mes-día.
- Las formas estándar de las letras que se utilizan en los dibujos de ingeniería han sido desarrolladas para ser legibles y rápidas de elaborar.

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Cuáles son los cuatro tipos estándar de proyección?
2. ¿Cuáles son las ventajas de utilizar papel cuadriculado para elaborar bosquejos?
3. ¿Cuál es la técnica correcta para bosquejar un círculo o un arco?
4. Elabore el alfabeto de líneas. ¿Cuáles líneas son gruesas? ¿Cuáles son delgadas? ¿Cuáles son muy finas y no deben reproducirse al hacer una copia?
5. ¿Cuál es la ventaja de bosquejar un objeto antes de dibujarlo por medio de CAD?
6. ¿Cuál es la diferencia entre escala y proporción?
7. ¿Cuál es la fuente que proporciona la forma estándar de las letras para ingeniería?
8. Describa las características de una correcta elaboración de letras a mano alzada.
9. ¿Por qué siempre deben usarse líneas guías para la creación de letreros?
10. ¿Cómo se utilizan los bosquejos en el proceso de diseño?

PROYECTO DE DISEÑO

Diseñe una pieza para juegos deportivos u otras actividades recreativas. Por ejemplo, un juguete para niños puede ser educativo y recreativo al mismo tiempo. Elabore un esquema para un patio de juegos, sitio para acampar u otra área recreativa que proporcione buen acceso, seguridad y flujo de personas en el área. Use la técnica correcta para trazar líneas. Investigue en un manual arquitectónico o en Web los estándares del espacio que debe proporcionarse a las piezas de equipamiento de este tipo.

PROYECTOS DE BOSQUEJO A MANO ALZADA Y DE ELABORACIÓN DE LETREROS

Dibuje las líneas guía horizontales, verticales o inclinadas muy finas. Trace las líneas guía verticales o inclinadas a lo largo de la altura total de las áreas destinada a los letreros en la hoja. En la sección de hojas desprendibles se proporcionan hojas cuadriculadas y hojas con líneas guía para la elaboración de letreros. Las líneas de la cuadrícula son negras, de forma que pueda emplear la hoja cuadriculada debajo de una hoja de papel blanco para proyectos de bosquejo o letreros. Guarde las cuadrículas para su uso posterior.

Proyecto 3.1 Use una hoja de papel blanco o con cuadrícula (la utilización de ocho cuadros por pulgada hace más fácil la elaboración de letreros). Dibuje líneas guía de 1/8 de pulgada de alto y trace el alfabeto tres veces.

Proyecto 3.2 Configura una hoja como la figura I de la segunda de forros de este libro. Dibuje un bloque de título como el que se muestra en la figura IX. Trace nítidamente un letrero que contenga la información del bloque de título.

Proyecto 3.3 Prepare un bosquejo para representar el parquímetro mostrado en la figura 3.26 o dibuje un objeto casero con curvas irregulares, como una lámpara o un zapato.

Proyecto 3.4 Diseñe un logotipo bosquejado con nitidez para una compañía de ingeniería imaginaria. Utilice la técnica para hacer buenos trazos a mano alzada y líneas de calidad.

Proyecto 3.5 Use líneas guía para letras de 1/8 de pulgada y escriba la letra de su canción favorita o una expresión motivacional.

Proyecto 3.6 Utilice su sistema CAD para crear una configuración de hoja como la figura I de la segunda de forros. Elabore un bloque de título como la figura XI o como lo determine su profesor.

Proyecto 3.7 Bosqueje los diagramas de cuerpo libre mostrados en la figura 3.27.

Proyecto 3.8. Bosqueje los objetos mostrados en las figuras de la 3.28 a la 3.33 en proporción. No es necesario hacer el bosquejo a alguna escala particular. Omita las dimensiones de su bosquejo. Use el tamaño de hoja de la figura I (segunda de forros) y la tira de títulos de la figura II.

Proyecto 3.9 Mida las líneas que se muestran a continuación, para ello utilice las unidades indicadas. Anote la longitud real para cada línea si ésta se muestra en la escala dada. En los casos donde no se especifican unidades, haga las medidas tanto en pulgadas como en milímetros.

____________________ ESCALA: 5

____________________ ESCALA: $\frac{1}{4}'' = 1'$

____________________ ESCALA: 1 = 4

____________________ ESCALA: $\frac{3}{8}'' = 1'$

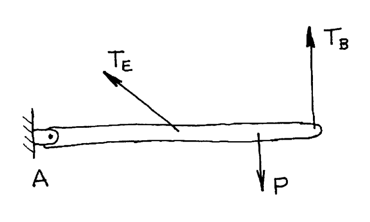
____________________ ESCALA: $1'' = 400'$

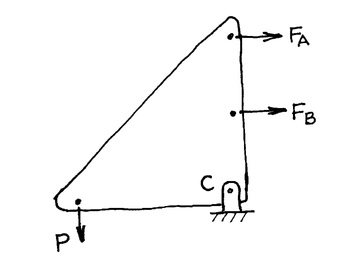
Proyecto 3.10 Dibuje una línea horizontal del tamaño correcto y a la escala correcta para cada uno de los tamaños y escalas reales que se listan a continuación:

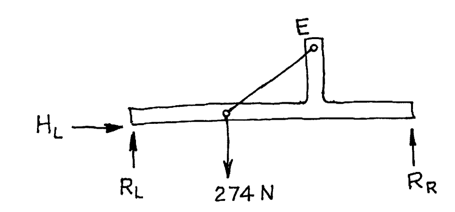
a. 4.65 (tamaño completo)
b. 6.65 (ESCALA: .5)
c. 3′21″ (ESCALA: $\frac{1}{2}'' = 1'$)
d, 650mm (ESCALA: 1:5)
e. 120mm (ESCALA: 1)
f. 25mm (ESCALA: 2 = 1)
g. 450′ (ESCALA 1″ = 100′)
h. 12′6″ (ESCALA 3/8″ = 1′)



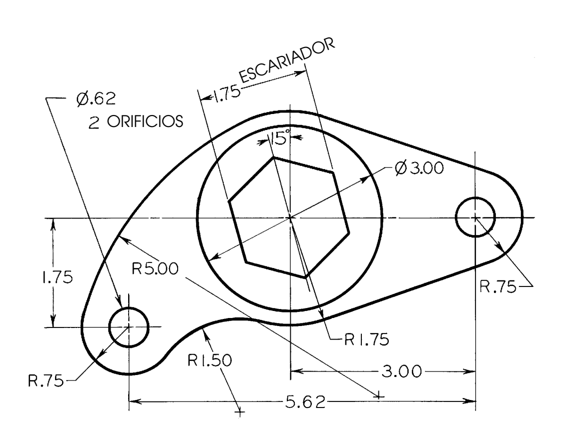
■ **FIGURA 3.26** ■ Parquímetro.



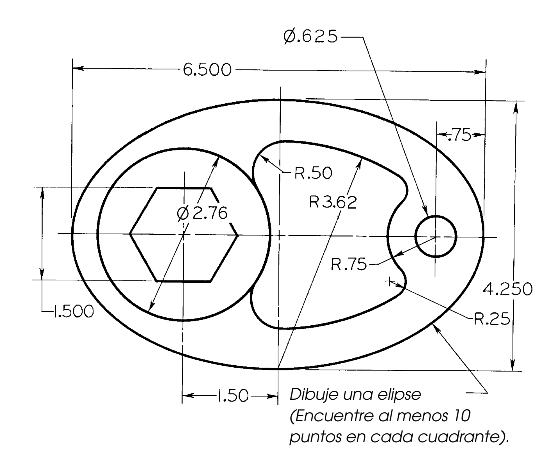




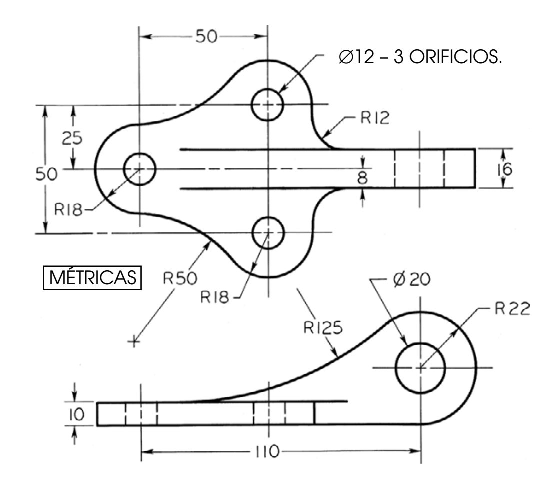
■ **FIGURA 3.27** ■ Bosquejos de diagramas de cuerpo libre.



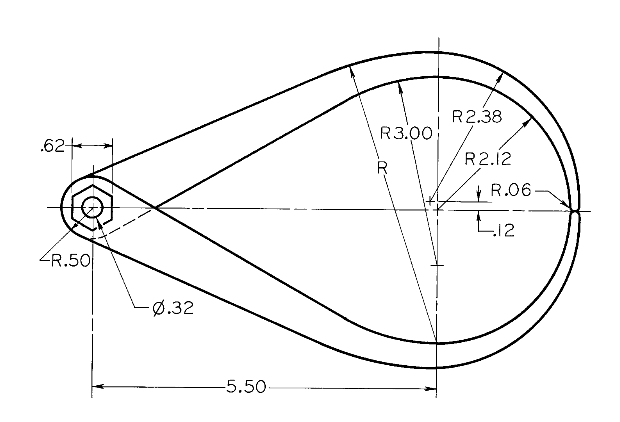
■ **FIGURA 3.28** ■ (Proy. 3.8) Brazo oscilante.



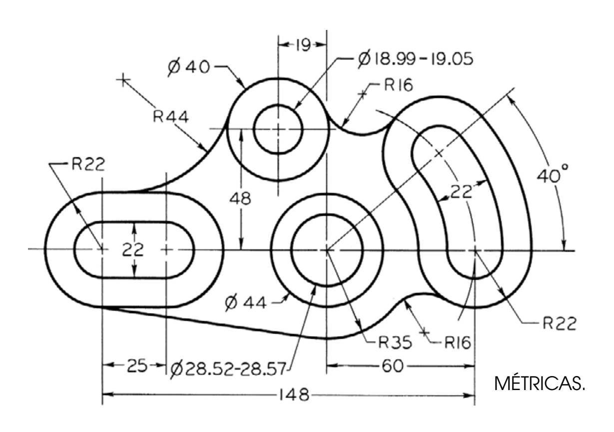
■ **FIGURA 3.29** ■ (Proy. 3.8) Leva especial.



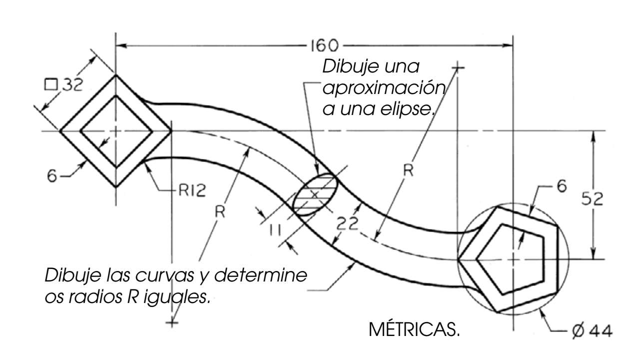
■ **FIGURA 3.30** ■ (Proy. 3.8) Tirante de caldera.



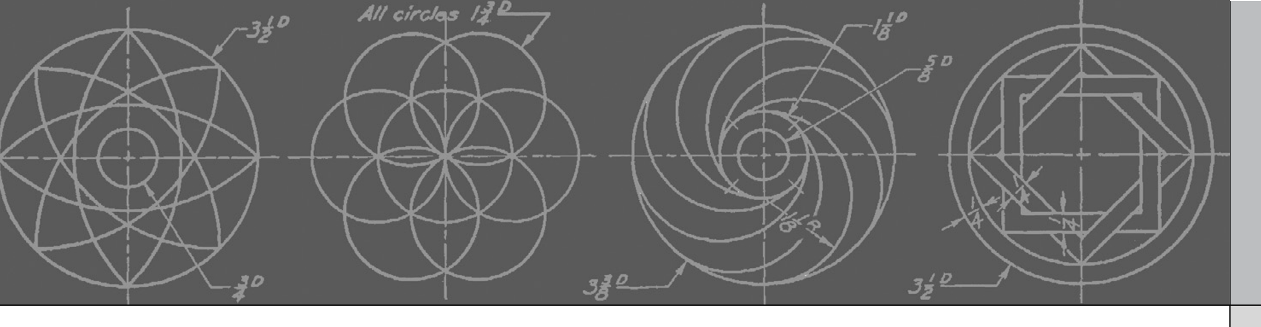
■ **FIGURA 3.31** ■ (Proy. 3.8) Calibrador exterior.



■ **FIGURA 3.32** ■ (Proy. 3.8) Brazo de engranaje.



■ **FIGURA 3.33** ■ (Proy. 3.8) Llave S especial.



Capítulo
4

Construcciones geométricas y modelado básico

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Usar la terminología adecuada para construcciones geométricas básicas.**
2. **Definir la tangencia y construir líneas, círculos y arcos tangentes.**
3. **Identificar diferentes tipos de sólidos.**

PANORAMA

Todas las técnicas de dibujo tradicionales y CAD se basan en la construcción de elementos geométricos básicos entre los que se incluyen puntos, líneas, arcos y círculos empleados para crear los dibujos bidimensionales más complejos. Si se desea bosquejar en papel, dibujar mediante CAD o aplicar técnicas geométricas para resolver problemas, es necesario entender las técnicas básicas de construcción geométrica. Es probable que el lector utilice CAD en lugar de las técnicas de dibujo mecánico que se ilustran en esta sección; en tal caso, se recomienda simplemente relacionar estas técnicas con CAD según sea necesario. Algunas construcciones geométricas son más fáciles si se utiliza CAD, pero para la mayoría de ellas el enfoque es el mismo, excepto por la utilización de herramientas sofisticadas.

Para la aplicación de las técnicas de bosquejo debe mantenerse en mente que el bosquejo debe expresar las relaciones geométricas. Por ejemplo, las líneas que aparentan ser perpendiculares en un bosquejo se interpretarán como perpendiculares a menos que se dimensionen de otra forma o dimensión. También puede usarse el símbolo ⊥ entre dos líneas bosquejadas para comunicar que éstas son perpendiculares. Del mismo modo, los objetos que aparentan ser tangentes en un bosquejo se asumirán como tales a menos que se especifique lo contrario en el dimensionamiento y las notas.

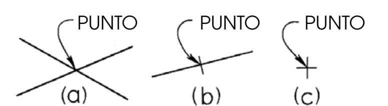
Los dibujos primitivos geométricos (como los puntos, las líneas, los círculos y los arcos) son elementos básicos con los que el diseñador debe familiarizarse al bosquejar o utilizar CAD. Una comprensión profunda de la geometría del dibujo ayudará a elaborar bosquejos claros y comprensibles, y a construir geometría de CAD exacta.

4.1 ■ PUNTOS Y LÍNEAS

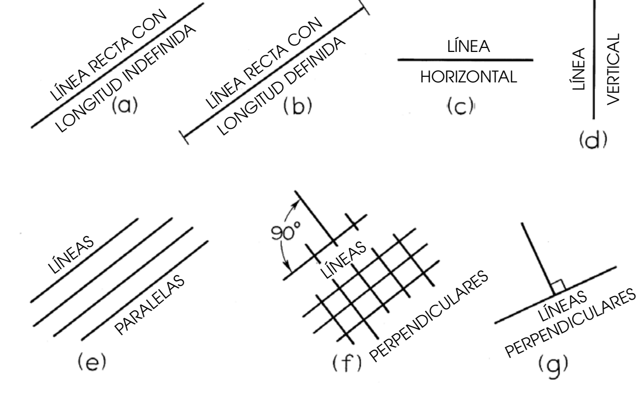
Un ***punto*** representa una ubicación en el espacio o en un dibujo que no tiene anchura, altura o profundidad. En un bosquejo, un punto se representa mediante la intersección de dos líneas, mediante una recta cortante pequeña sobre una línea o por medio de una pequeña cruz. Los puntos nunca deben representarse con un simple punto sobre el papel, porque éstos pueden malinterpretarse con facilidad y hacer que el bosquejo aparente desorden y poco profesionalismo. En la figura 4.1 se presentan ejemplos de puntos bosquejados.

Una ***línea*** fue definida por Euclides como "aquello que tiene longitud sin anchura". Una línea recta es la distancia más corta entre dos puntos y por lo general se le llama, simplemente, línea. Si la línea se extiende de manera indefinida, es posible dibujar la longitud a conveniencia del diseñador y dejar los extremos sin marcar. Si los puntos finales de la línea son significativos, márquelos con pequeños trazos cortantes. Los términos comunes que se usan para describir líneas se ilustran en la figura 4.2.

Los conjuntos de líneas rectas o curvas son ***paralelas*** si la distancia más corta entre un punto de una línea y la otra línea es constante y uniforme. El símbolo común para expresar líneas paralelas es ∥, y para las líneas perpendiculares es ⊥. La mayoría de los sistemas CAD permiten especificar que dos líneas son perpendiculares mediante el comando automático (tipo *snap*), y crear con facilidad líneas paralelas, ya sea a través de un punto o especificando una distancia entre dos líneas. Cuando en un bosquejo se desea indicar que dos líneas son perpendiculares, debe marcarse un cuadro en su intersección.



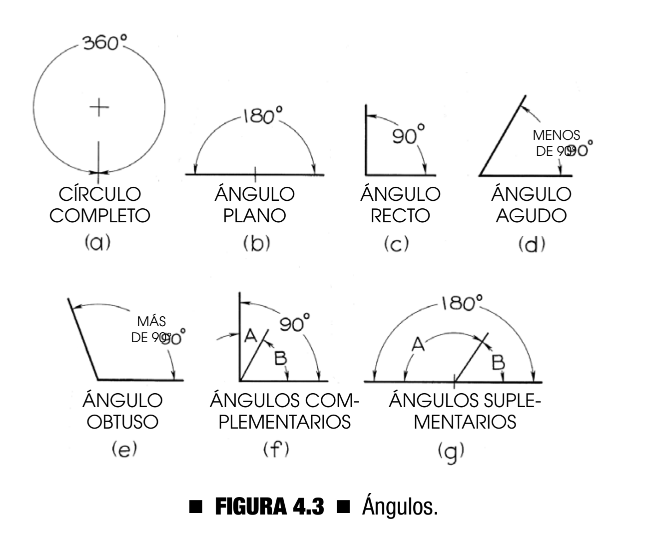
■ **FIGURA 4.1** ■ Puntos.



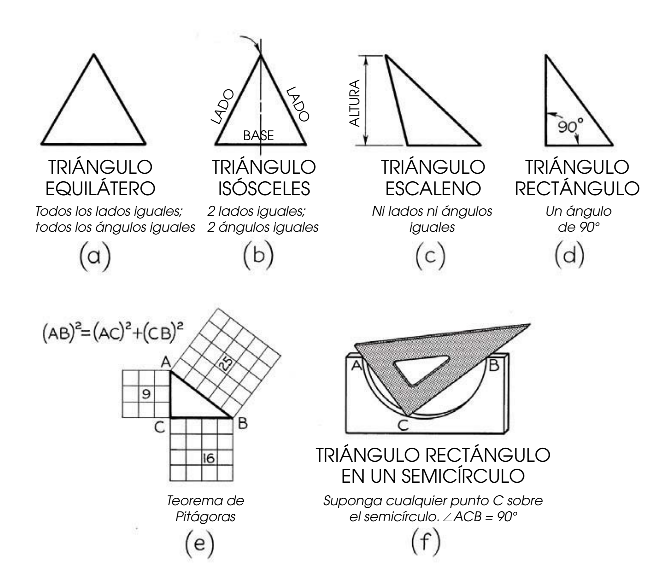
■ **FIGURA 4.2** ■ Líneas.

4.2 ■ ÁNGULOS

Un ***ángulo*** se forma por dos líneas que se intersecan. Un símbolo común para representar un ángulo es ∠. Mientras que su unidad de medida más usual es el grado. En un círculo completo hay 360 grados (360°), como se



■ **FIGURA 4.3** ■ Ángulos.



■ **FIGURA 4.4** ■ Triángulos.

muestra en la figura 4.3. Un grado se divide en 60 minutos (60′), y un minuto se divide en 60 segundos (60″) La expresión 37° 26′10″ se lee: 37 grados, 26 minutos y 10 segundos. Cuando se indican sólo los minutos, se coloca 0° antes del número de minutos (por ejemplo, 0° 20′). Los ángulos también pueden medirse en grados decimales, por ejemplo 45.20°. Otros sistemas utilizados para medir ángulos son los gradianes y radianes.

En la figura 4.3 se ilustran diferentes tipos de ángulos. Dos ángulos son complementarios si suman un total de 90 grados; son suplementarios si suman 180 grados. Es posible bosquejar ángulos de manera aproximada; para ello puede usarse un transportador cuando es necesario o CAD cuando se requiere elaborar un dibujo exacto. Con el uso de sistemas CAD, el ángulo exacto para una línea puede especificarse por medio de una variedad de métodos: grados decimales; grados, minutos y segundos; radianes; gradianes, o por orientación respecto a puntos cardinales.

4.3 ■ TRIÁNGULOS

Un ***triángulo*** es una figura delimitada por tres líneas rectas. La suma de los ángulos interiores de un triángulo siempre es igual a 180 grados. Un triángulo rectángulo tiene un ángulo de 90 grados y el cuadrado de su hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de sus catetos. Cualquier triángulo inscrito en un semicírculo es un triángulo rectángulo si la hipotenusa coincide con el diámetro. Esta información puede ser útil al elaborar bosquejos y hacer construcciones. En la figura 4.4 se muestran ejemplos de triángulos.

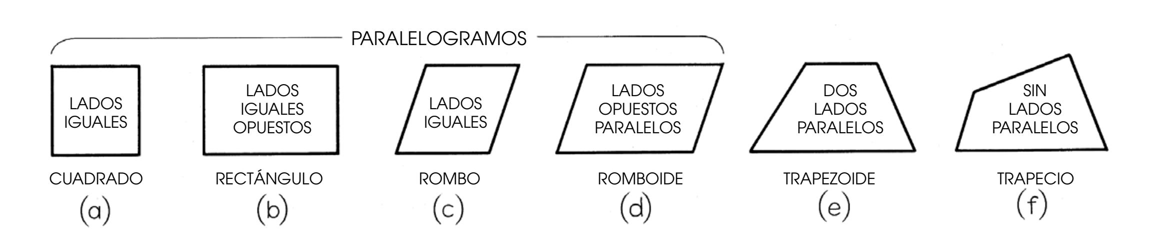
4.4 ■ CUADRILÁTEROS

Un ***cuadrilátero*** es una figura delimitada por cuatro lados rectos. Si los lados opuestos son paralelos, el cuadrilátero también es un ***paralelogramo***. En la figura 4.5 se muestran algunos cuadriláteros.

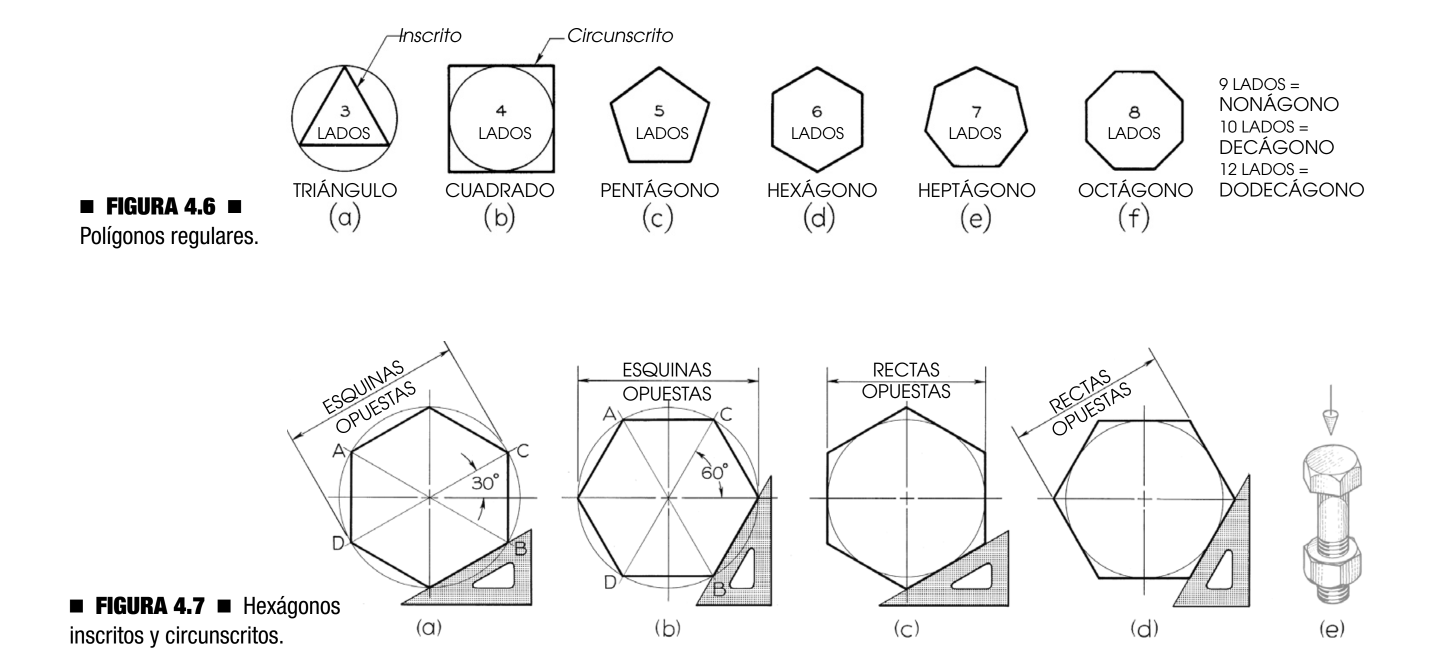
4.5 ■ POLÍGONOS

Un ***polígono*** es cualquier figura delimitada por líneas rectas. Si el polígono tiene ángulos iguales y lados iguales, se llama ***polígono regular***. En la figura 4.6 se muestran algunos polígonos.

FORMAS INSCRITAS Y CIRCUNSCRITAS Con frecuencia, los polígonos regulares se describen y dimensionan por estar



■ **FIGURA 4.5** ■ Cuadriláteros.



■ **FIGURA 4.6** ■ Polígonos regulares.

■ **FIGURA 4.7** ■ Hexágonos inscritos y circunscritos.

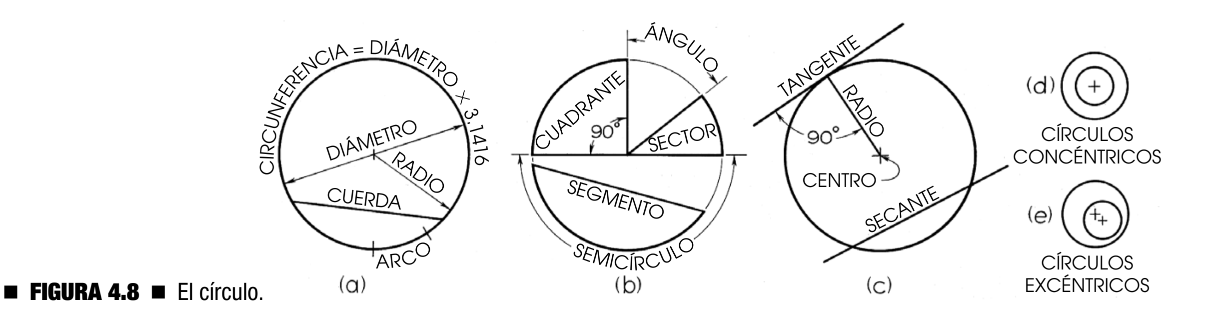
inscritos en un círculo o circunscritos alrededor de un círculo. En la figura 4.7 se muestran ejemplos de polígonos inscritos y circunscritos. Si una forma hexagonal, como la cabeza de un perno, está inscrita en un círculo, el diámetro de dicho círculo será la dimensión entre esquinas opuestas del hexágono. Si está circunscrito alrededor de un círculo, el diámetro de dicho círculo es la distancia entre rectas opuestas del hexágono.

4.6 ■ CÍRCULOS Y ARCOS

Un ***círculo*** es una curva cerrada formada por una serie de puntos situados a la misma distancia del punto de referencia llamado centro. La ***circunferencia*** se refiere al círculo o a la distancia alrededor del círculo. Esta distancia es igual al diámetro multiplicado por π (llamado pi, aproximadamente 3.1416). En la figura 4.8 se ilustran otras características de los círculos.

4.7 ■ CONSTRUCCIONES Y CAD

La mayoría de los sistemas CAD tienen un conjunto de herramientas que permiten realizar tareas con rapidez y facilidad, como encontrar el punto medio de una línea o arco, o dibujar una línea perpendicular o paralela a otra línea. Estas operaciones básicas no se estudiarán aquí. Las construcciones complejas pueden requerir una serie de pasos, la creación de una geometría de construcción exacta o funciones que los sistemas CAD no pueden proporcionar. En estos casos resulta útil la comprensión de los métodos de construcción fundamentales. Los siguientes métodos se concentran en herramientas manuales de dibujo. El lector puede hacer la conexión entre estos pasos y cualquier sistema CAD que esté utilizando. Para propósitos de bosquejo, debe entenderse la geometría subyacente que está implicada en el bosquejo, pero no se requiere precisión. Pueden usarse símbolos o notas escritas para aclarar el bosquejo cuando esto sea necesario.



■ **FIGURA 4.8** ■ El círculo.

4.8 ■ CREACIÓN DE UN TRIÁNGULO DADAS LAS LONGITUDES DE LOS LADOS

Dados los lados A, B y C, como se muestra en la figura 4.9:

I. Dibuje un lado, llamado C en la figura, en la posición deseada. Dibuje un arco con radio igual al lado A.

II. Dibuje un segundo arco con radio igual al lado B.

III. Dibuje los lados A y B desde la intersección de los arcos como se muestra en la figura.

Un triángulo también puede definirse especificando las longitudes de dos lados y el ángulo entre ellos, o la longitud de un lado y los dos ángulos de cada uno de sus extremos. Como estos triángulos se construyen con facilidad mediante el uso de un transportador o un sistema CAD, no se muestran aquí.

4.9 ■ CREACIÓN DE UN TRIÁNGULO RECTÁNGULO DADOS LA HIPOTENUSA Y UN CATETO

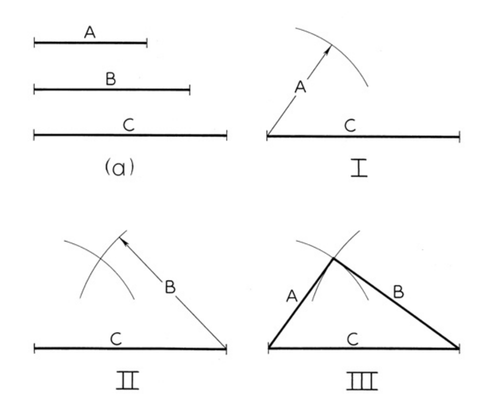
Para crear un triángulo rectángulo, dados la hipotenusa y un cateto como en la figura 4.10, dibuje un semicírculo con un diámetro AB igual al cateto dado S. Utilice A como centro y la longitud de R como radio, dibuje un arco o círculo que interseque el primer semicírculo para encontrar C. Dibuje las líneas AC y CB para completar el triángulo rectángulo.

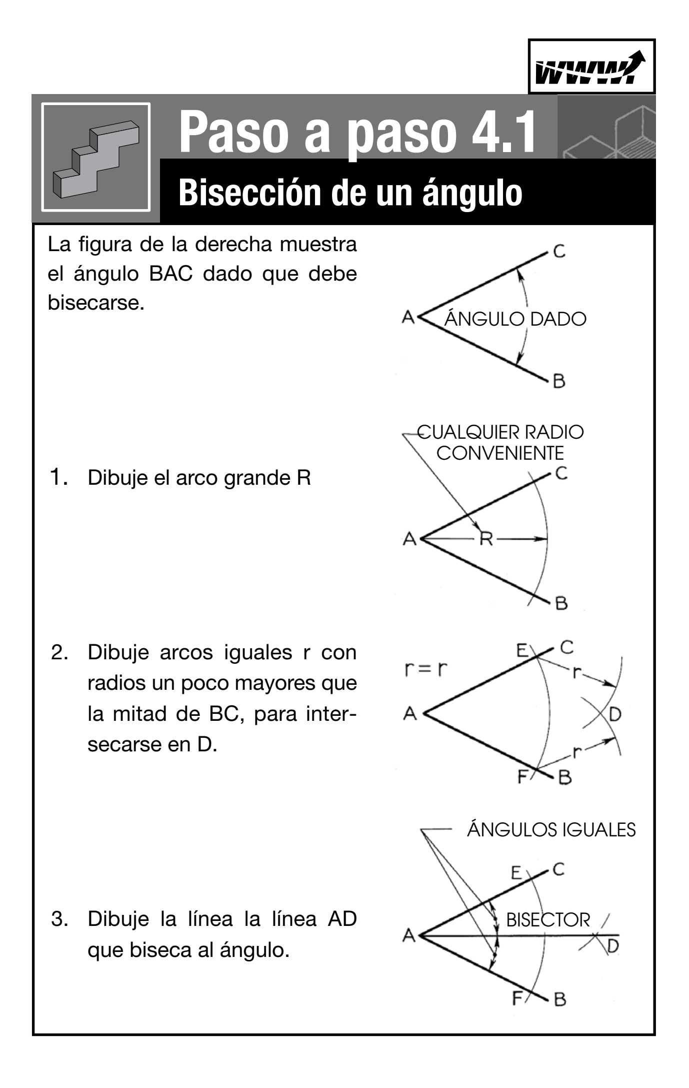
4.10 ■ CONSTRUCCIÓN DE UN BISECTOR PERPENDICULAR

Como podría pensarse, un ***bisector perpendicular*** es una línea perpendicular que divide una línea dada en dos segmentos iguales. Ésta es una construcción útil porque un bisector perpendicular a cualquier cuerda de un círculo pasa a través del centro del círculo. En la figura 4.11 se muestra la línea dada AB que se bisecará con una línea perpendicular.

I. Desde A y B dibuje arcos iguales con radios mayores que la mitad de AB, a ambos lados de la línea.

■ **FIGURA 4.9** ■ Creación de un triángulo dados sus lados.



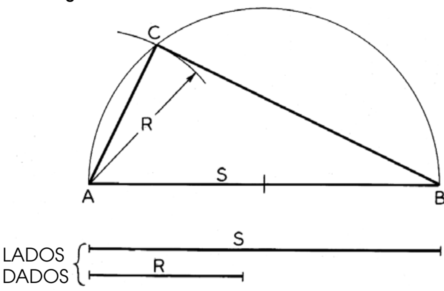


II. Conecte las intersecciones D y E con una línea recta. La línea DE intersecará a la línea AB en el punto medio, llamado C en la figura.

III. La línea DE será perpendicular a AB en su punto medio.



■ **FIGURA 4.10** ■ Creación de un triángulo rectángulo.



También es posible crear rápidamente bisectores perpendiculares con el uso de un sistema CAD: se dibuja una línea perpendicular a la línea dada desde cualquier punto, para después mover la nueva línea perpendicular al punto medio de la línea dada mediante el uso de un comando automático (*snap*) que localice el punto medio.

4.11 ■ CONSTRUCCIÓN DE CÍRCULOS

La mayoría de los programas de CAD tienen herramientas fáciles de usar que pueden crear un círculo a través de tres puntos, encontrar el centro de un círculo o crear una entidad tangente. El conocimiento de las siguientes formas de construir un círculo puede ser útil para interpretar de mejor manera los dibujos, crear bosquejos a mano alzada y producir figuras geométricas exactas en CAD.

UN CÍRCULO A TRAVÉS DE TRES PUNTOS

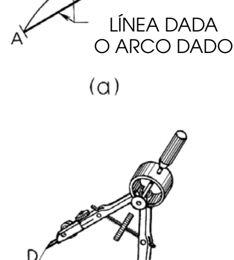
I. Sean A, B y C los tres puntos dados que no se encuentran sobre una línea recta, como se muestra en la figura 4.12. Dibuje las líneas AB y BC, que serán las cuerdas del círculo.

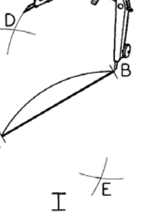
II. Dibuje los bisectores perpendiculares EO y DO que se intersecan en O.

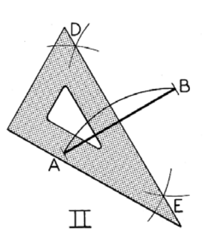
III. Trace el círculo requerido a través de los puntos A, B y C, con el centro en O y el radio definido como OA, OB u OC.

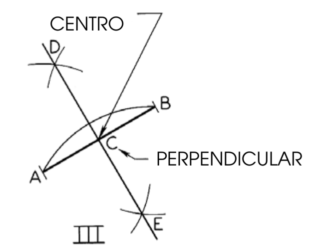
EL CENTRO DE UN CÍRCULO Este método emplea el principio de que cualquier triángulo rectángulo inscrito en un círculo forma un semicírculo. Dibuje cualquier cuerda AB, de preferencia horizontal, como se muestra en la figura 4.13. Trace líneas perpendiculares desde A y B, las cuales cruzarán al círculo en D y E. Trace diagonales DB y EA cuya intersección C será el centro del círculo.

Otro método consiste en dibujar dos cuerdas no paralelas cualesquiera y trazar bisectores perpendiculares. La intersección de los bisectores constituirá el centro del círculo.

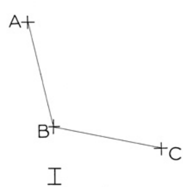


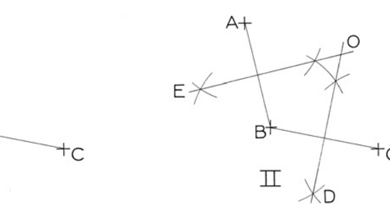


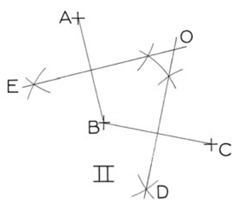


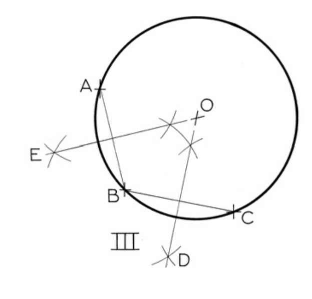


■ **FIGURA 4.11** ■ Bisección de una línea o un arco circular.

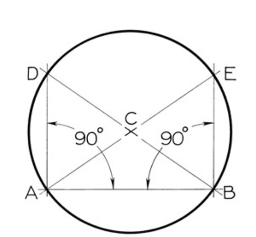




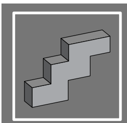




■ **FIGURA 4.12** ■ Creación de un círculo a partir de tres puntos.



■ **FIGURA 4.13** ■ El centro de un círculo.

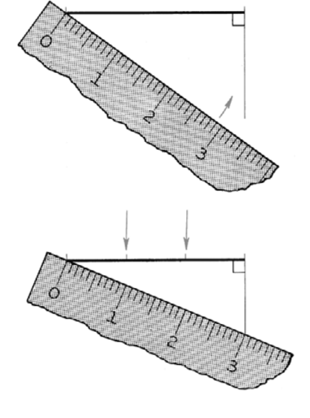


Paso a paso 4.2

División de una línea en partes iguales

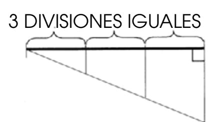


1. Dibuje una línea de construcción vertical en un extremo de la línea dada.



2. Coloque el cero del escalímetro en el otro extremo de la línea.

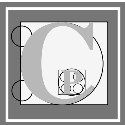
3. Gire el escalímetro hasta que las tres unidades coincidan con el número requerido de divisiones y éstos estén sobre la línea vertical (por ejemplo, tres unidades para dividir en tercios).



4. Haga marcas claras en cada punto.

5. Bosqueje líneas de construcción verticales a través de cada punto.

A continuación se muestran algunas aplicaciones prácticas de este método usadas para bosquejar (a) roscas de tornillo, (b) esquemas de bastidores y (c) escalones.

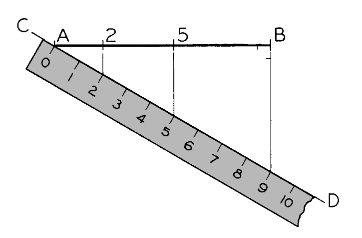


Consejo práctico

Partes proporcionales

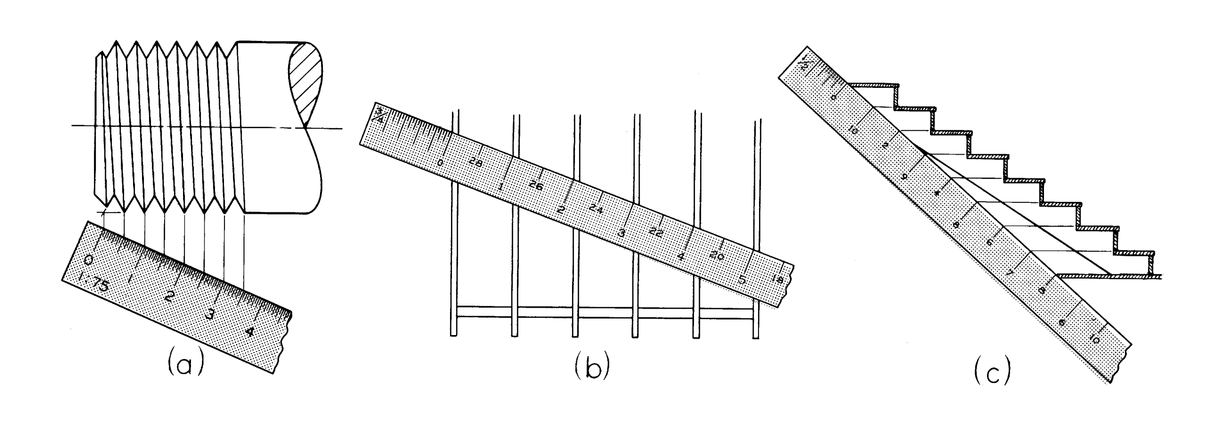
DIVISIÓN DE UNA LÍNEA EN PARTES PROPORCIONALES

Imagine que necesita dividir la línea AB en tres partes proporcionales a 2. 5 y 9.
Bosqueje una línea vertical desde el punto B. Determine una escala de tamaño conveniente para un total de nueve unidades y coloque el cero de la escala en A.



Gire la escala hasta que las nueve unidades estén en la línea vertical. A lo largo de la escala, marque puntos para 2, 5 y 9 unidades como se muestra en la figura.

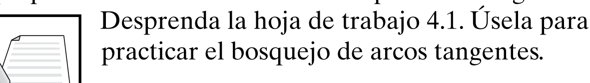
Bosqueje líneas verticales a través de estos puntos como se indica en la figura.



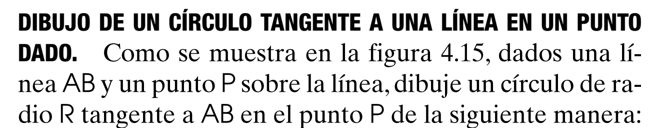
4.12 ■ TANGENCIA

Las líneas, los círculos o los arcos que descansan en el mismo plano son considerados ***tangentes*** si se tocan en un solo punto, incluso si se extendieran. Se puede verificar si una línea es tangente a un círculo al imaginarla extendida. Si incluso después de extender la línea, ésta sólo toca al círculo en un punto, entonces es tangente. De otra manera la línea es intersecante. Los objetos tridimensionales se consideran tangentes si se tocan en un solo punto o únicamente a lo largo de una línea. En la figura 4.14 se muestran ejemplos de geometría tangente bidimensional y tridimensional.

Dada una línea tangente a un círculo o arco, una ***línea radial*** (línea que pasa a través del centro del círculo) es perpendicular a la línea dada en el punto de tangencia.



Desprenda la hoja de trabajo 4.1. Úsela para practicar el bosquejo de arcos tangentes.



DIBUJO DE UN CÍRCULO TANGENTE A UNA LÍNEA EN UN PUNTO DADO. Como se muestra en la figura 4.15, dados una línea AB y un punto P sobre la línea, dibuje un círculo de radio R tangente a AB en el punto P de la siguiente manera:

I. Dibuje una perpendicular a la línea a través de P.

II. Haga un arco con el radio R del círculo requerido a lo largo de la perpendicular para localizar el punto C.

III. Haga un círculo con radio R cuyo centro esté en C.

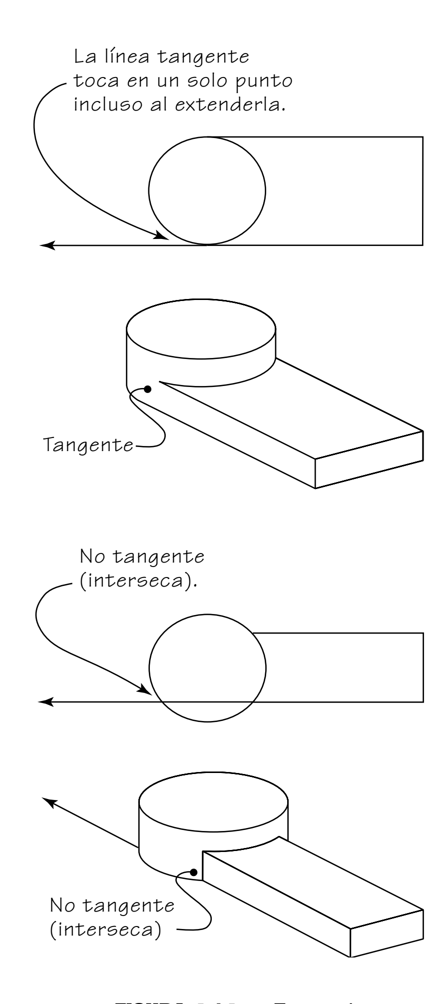
DIBUJO DE UN ARCO TANGENTE A DOS LÍNEAS EN ÁNGULOS RECTOS

I. Se dan dos líneas con un ángulo recto entre sí, como se muestra en la figura 4.16.

II. Con el radio dado R, trace un arco que interseque las líneas dadas en los puntos tangentes T.

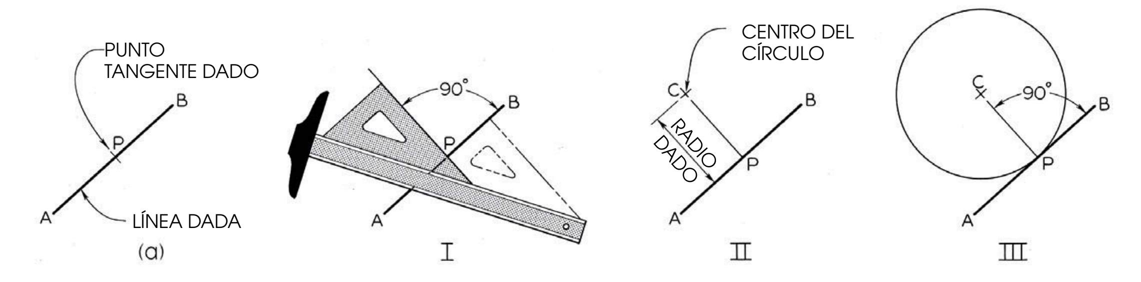
III. De nuevo, con el radio dado R y con los puntos T como centros, dibuje arcos que se intersequen en C.

IV. Con C como centro y con el radio dado R, dibuje el arco tangente requerido.

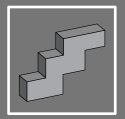


■ **FIGURA 4.14** ■ Tangencia.

Muchos programas de CAD tienen un comando de filete o curveado que crea con rapidez arcos tangentes a líneas y arcos. Aún así, la comprensión de estas técnicas puede ayudar al desarrollo de la capacidad de bosquejar aunque dichos métodos no sean necesarios para elaborar una geometría en CAD.



■ **FIGURA 4.15** ■ Creación de un círculo tangente a una línea.

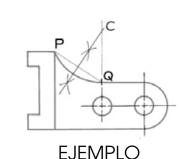


Paso a paso 4.3

Creación de arcos tangentes

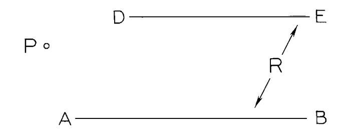
UN ARCO TANGENTE A UNA LÍNEA Y A TRAVÉS DE UN PUNTO:

Dados una línea AB, un punto P y un radio R, como se muestra en la figura:

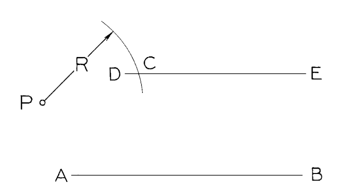




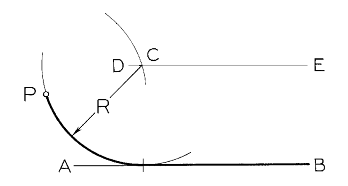
1. Trace la línea DE paralela a la línea dada y a una distancia R de ésta.



2. A partir de P dibuje un arco con radio R. El punto donde el arco interseca a la línea DE será el centro del arco tangente.

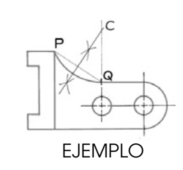


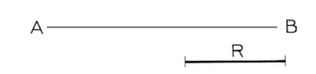
3. Trace el arco tangente con C como su centro.



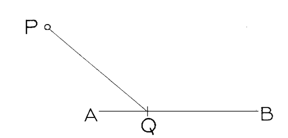
UN ARCO TANGENTE A UNA LÍNEA Y A TRAVÉS DE UN PUNTO:

Dada la línea AB, con un punto tangente Q sobre la línea, y un punto P como se muestra en la figura:

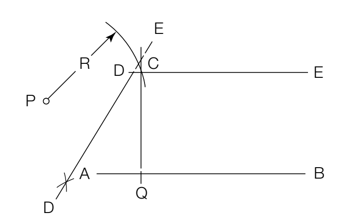




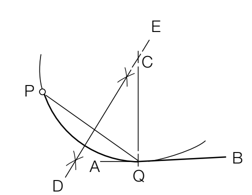
1. Dibuje la línea PQ, que será una cuerda del arco requerido.



2. Trace el bisector perpendicular DE y en Q haga una perpendicular a la línea para intersecar DE en C.

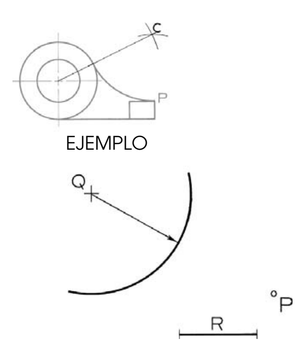


3. Dibuje el arco tangente con C como su centro.

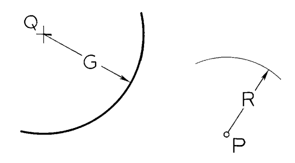


UN ARCO TANGENTE A OTRO ARCO Y A TRAVÉS DE UN PUNTO:

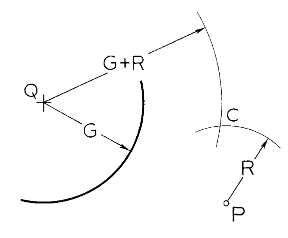
Dados un arco con centro Q, un punto P y un radio R como se muestra en la figura:



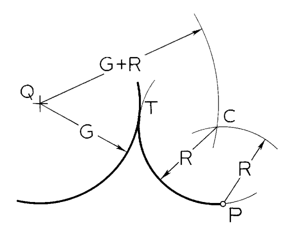
1. A partir de P, dibuje un arco con radio R.

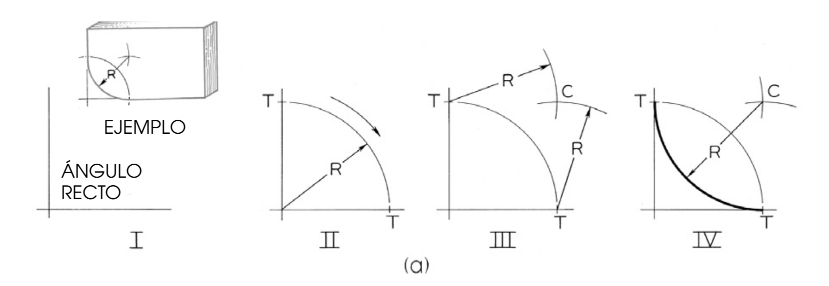


2. A partir de Q trace un arco con un radio igual al del arco dado más R.



3. La intersección C de los dos arcos es el centro del arco tangente requerido.





■ **FIGURA 4.16** ■ Creación de un arco tangente en ángulo recto.

DIBUJO DE UN ARCO TANGENTE A DOS LÍNEAS EN ÁNGULOS AGUDOS U OBTUSOS

I. Dadas dos líneas no perpendiculares que se intersecan como se muestra en la figura 4.17.

II. Trace líneas paralelas a una distancia R de las líneas dadas. La intersección de estas dos líneas, C, será el centro del arco tangente.

III. A partir de C, dibuje perpendiculares a las líneas dadas para localizar los puntos tangentes T.

IV. Con C como centro y con el radio dado R, trace el arco tangente requerido como se muestra en la figura.

CREACIÓN DE UN ARCO TANGENTE A DOS ARCOS

I. Se dan arcos con centros A y B y el radio requerido R, como se muestra en la figura 4.18.

II. Con A y B como centros, haga arcos paralelos a los arcos dados y a una distancia R de éstos; su intersección C es el centro del arco tangente requerido.

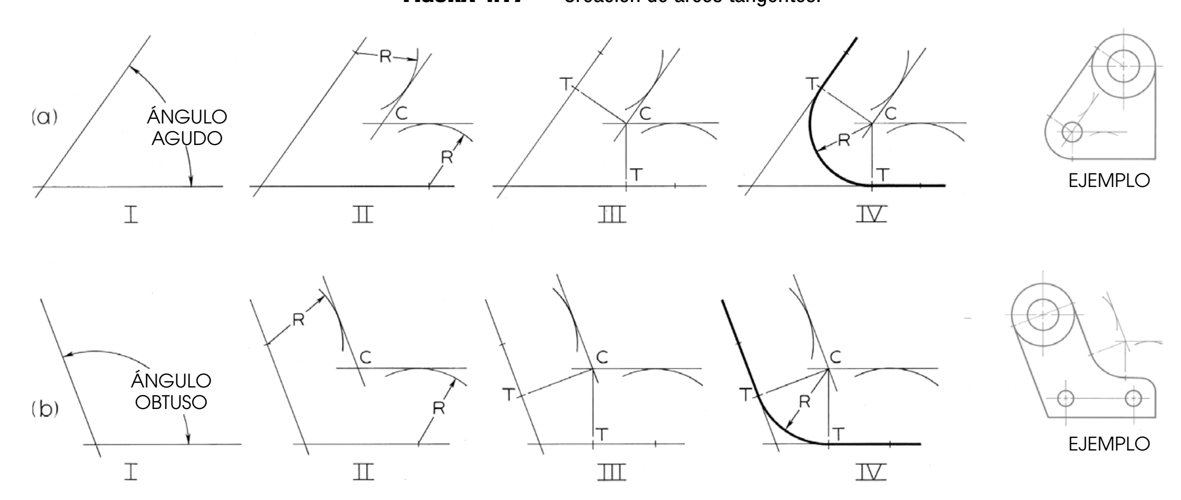
III. Trace líneas con centros AC y BC para localizar puntos de tangencia T, y haga el arco tangente requerido entre los puntos de tangencia como se muestra en la figura.

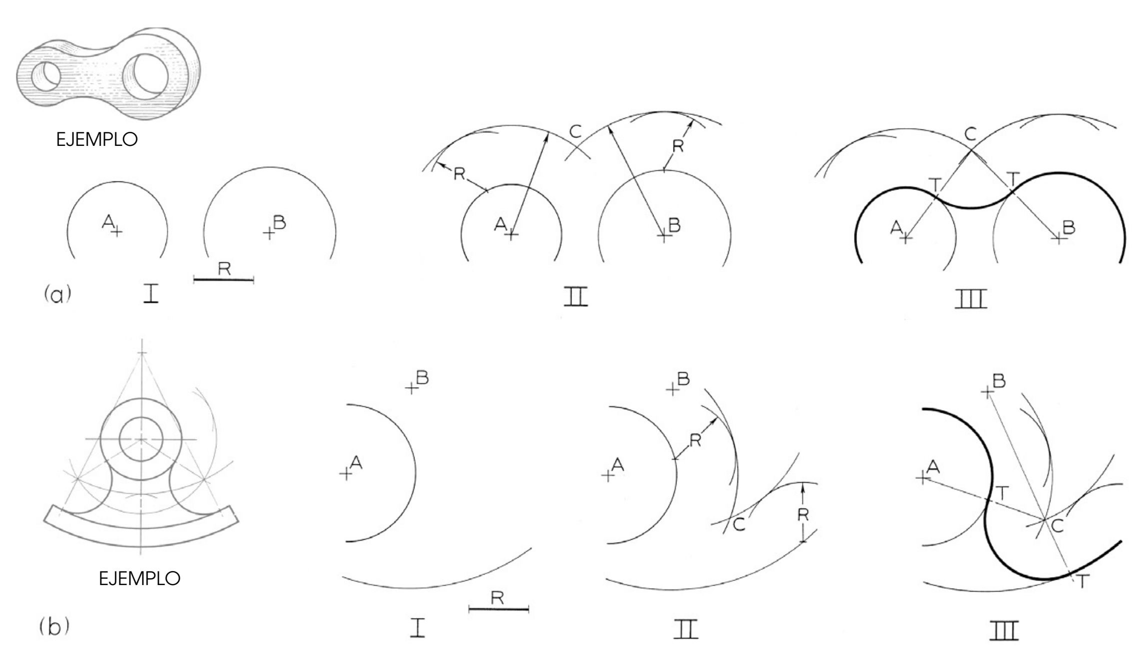
CREACIÓN DE UNA SERIE DE ARCOS TANGENTES DE ACUERDO CON UNA CURVA Primero bosqueje con finura una curva suave según se desee, como se muestra en la figura 4.19. Encuentre un radio R y un centro C, con lo que se produce un arco AB que se ajusta de manera cercana a esa parte de la curva. Los centros sucesivos D, E, etcétera estarán sobre líneas que unen los centros con los puntos de tangencia, como se muestra en la figura 4.19.

CREACIÓN DE UNA CURVA DE CIMACIO QUE CONECTA DOS LÍNEAS PARALELAS Las curvas que conectan dos líneas paralelas son curvas de cimacio si cada una tiene 90 grados de arco, como se muestra en las figuras 4.20a y 4.20b. En la figura 4.20a se muestran las líneas paralelas NA y BM. Para crear una curva de cimacio, dibuje la línea AB y suponga el punto de inflexión T (en el punto medio, si se desean dos arcos iguales). En A y B haga las perpendiculares AF y BC. Trace los bisectores perpendiculares de AT y BT. Las intersecciones F y C de estos bisectores y las perpendiculares son los centros de los arcos tangentes requeridos.

En el ejemplo de la figura 4.20b, AB y CD son las dos líneas paralelas, el punto B es un extremo de la curva y R es el tamaño de los radios dados. En B, trace una perpendicular a AB, haga BG igual a R y dibuje el arco como se muestra en la figura. Haga la línea SP paralela a CD a una

■ **FIGURA 4.17** ■ Creación de arcos tangentes.





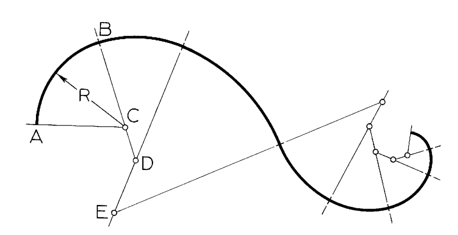
■ **FIGURA 4.18** ■ Creación de un arco tangente a dos arcos.

distancia R desde CD. Con centro G, trace el arco con radio 2R, que interseca a la línea SP en O. Dibuje la perpendicular OJ para localizar el punto tangente J, y proceda a unir los centros G y O para localizar el punto de tangencia T. Use los centros G y O y el radio R para crear los dos arcos tangentes como se muestra en la figura.

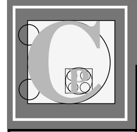
CONEXIÓN DE DOS LÍNEAS NO PARALELAS Sean AB y CD las dos líneas no paralelas, que se muestran en la figura 4.20c. Trace una línea perpendicular a AB en B. Seleccione el punto G sobre la perpendicular, de forma que BG sea igual a cualquier radio deseado, y trace el arco como se muestra en la figura. Haga una línea perpendicular a CD en C e iguale CE a BG. Interseque G a E y que sean bisectrices al segmento resultante. La intersección F del bisector y la perpendicular CE, extendida, es el centro del segundo arco. Proceda a unir los centros de los dos arcos para localizar el punto tangente T, que es el punto de inflexión de la curva.

4.13 ■ CONSTRUCCIÓN DE UNA ELIPSE

Una elipse se genera mediante un punto que se mueve de forma que la suma de sus distancias desde dos puntos (los focos) es constante e igual a los ejes mayores. El eje largo de una elipse es el eje mayor y el eje corto es el eje menor. Observe la figura 4.21, donde los focos E y F se encuentran al localizar arcos con radios iguales a la mitad del eje mayor y con centro en el extremo de los ejes menores. Otro método consiste en crear un semicírculo con el eje mayor como diámetro, y después hacer GH paralela al eje mayor y GE y HF paralelas al eje menor, como se muestra en la figura. Una elipse se puede construir al colocar una cuerda unida en sus extremos alrededor de los

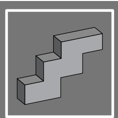


■ **FIGURA 4.19** ■ Creación de una serie de arcos tangentes de acuerdo con una curva.



Consejo práctico
Practique bosquejos en diferentes superficies

A medida que se aprende la técnica para bosquejar ángulos y curvas, resulta útil practicar el bosquejo en hojas de cuaderno y papel blanco de escritura, así como en papel cuadriculado. Cualquier diseñador debe ser capaz de crear bosquejos claros en superficies distintas. Si tiene acceso a un pizarrón para gises o pizarrón blanco, practique el bosquejo en las orientaciones horizontal y vertical, haga dibujos grandes y dibuje líneas con cortes claros, ya sea con gis o marcador. Para crear líneas más delgadas (que representen líneas ocultas y de centrado) trace con el borde afilado del marcador.



Paso a paso 4.4

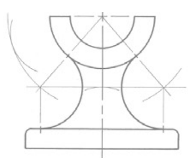


Creación de un arco tangente a un arco y una línea recta

ARCOS TANGENTES

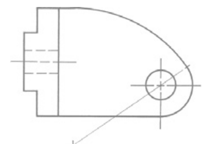
Esencialmente, los pasos para crear un arco interior y un arco exterior son los mismos. La columna izquierda de figuras ilustra los pasos para el arco interior mientras que la derecha lo hace para el arco exterior.





EJEMPLO

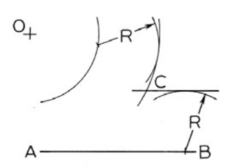


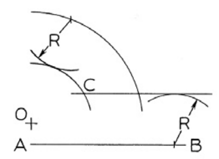


EJEMPLO

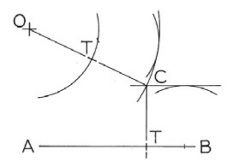
1. Se dan dos ejemplos de un arco con radio G y una línea recta AB.

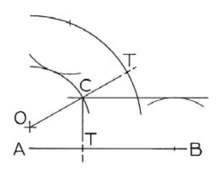
2. Trace una línea recta y un arco paralelos a la línea recta dada y un arco a una distancia de radio R, para intersecar en C, que es el centro requerido.



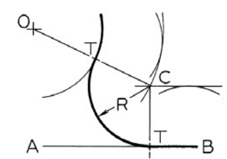


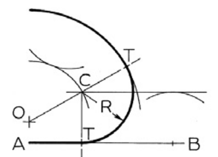
3. A partir de C, trace una perpendicular a la línea recta dada para encontrar un punto de tangencia T. Una los centros C y O con una línea recta para encontrar el otro punto de tangencia T.





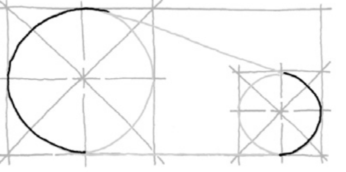
4. Con el centro en C y el radio dado R, trace el arco tangente requerido entre los puntos de tangencia.



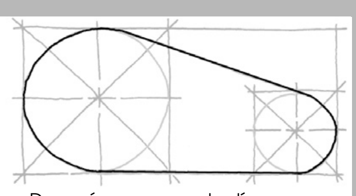


CONSTRUCCIONES A MANO ALZADA

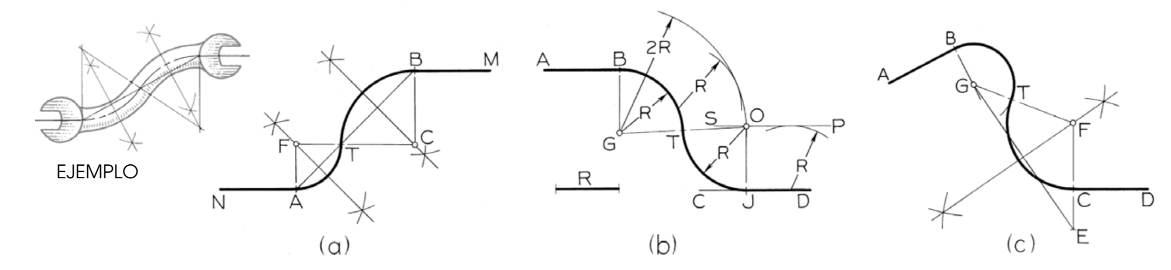
Cuando bosqueje construcciones a mano alzada, se recomienda oscurecer primero las curvas finales y después las líneas que las conectan. Resulta más fácil conectar arcos bosquejados con una recta que bosquejar una curva precisa para conectar otros elementos.



Primero oscurezca las curvas



Después oscurezca las líneas que las conectan



■ **FIGURA 4.20** ■ Curvas que conectan líneas paralelas.

focos E y F y alrededor de C, un extremo del eje menor, y al mover la punta del lápiz P a lo largo de su órbita máxima manteniendo tensa la cuerda.

4.14 ■ LOCALIZACIÓN DE LOS EJES DE UNA ELIPSE CUANDO SE CONOCEN LOS DIÁMETROS CONJUGADOS

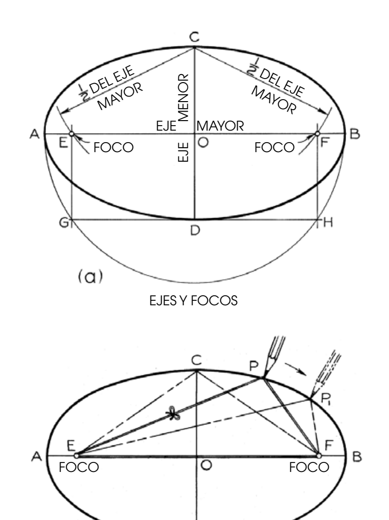
Los diámetros conjugados AB y CD y la elipse se conocen, como se muestra en la figura 4.22a. Con la intersección O de los diámetros conjugados (centro de la elipse) como centro y cualquier radio conveniente, trace un círculo para intersecar la elipse en cuatro puntos. Una estos puntos con líneas rectas como se muestra en la figura. El resultado será un rectángulo cuyos lados son paralelos a los ejes mayor y menor requeridos. Dibuje los ejes EF y GH paralelos a los lados del rectángulo.

Cuando sólo se da una elipse, como se muestra en la figura 4.22b, utilice el siguiente método para encontrar el centro de la elipse: Primero, haga un rectángulo circunscrito o un paralelogramo alrededor de la elipse. Después trace diagonales para intersecarlas en el centro O, como se muestra en la figura; localice los ejes de manera similar a la figura 4.22a.

Cuando se dan los diámetros conjugados AB y CD, como se muestra en la figura 4.22c, utilice el siguiente método: Dibuje un círculo con O como centro y CD como diámetro. Haga una línea EF a través del centro O y perpendicular a CD. Trace las líneas FA y EA desde los puntos E y F (donde esta perpendicular interseca al círculo) para formar el ángulo FAE. Haga el bisector AG de este ángulo. El eje mayor JK será paralelo a este bisector, mientras que el eje menor LM será perpendicular al mismo. La longitud de AH será la mitad del eje mayor, y la de HF lo será del eje menor. Los ejes mayor y menor resultantes son JK y LM, respectivamente.

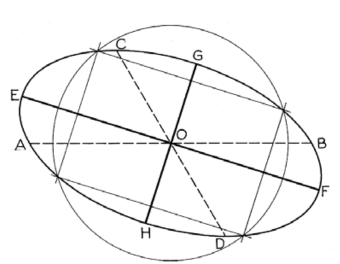
4.15 ■ CREACIÓN DE UNA TANGENTE A UNA ELIPSE

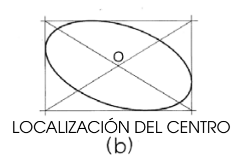
CONSTRUCCIÓN DE CÍRCULO CONCÉNTRICO La figura 4.23 muestra ejemplos de construcción de una tangente a una elipse. Para crear una tangente en cualquier punto de una elipse, como E, haga que la ordenada en E interseque a un círculo circunscrito en V. Dibuje una tangente al círculo circunscrito en V, y extiéndala hasta intersecar en G al eje mayor extendido. La línea GE es la tangente requerida.

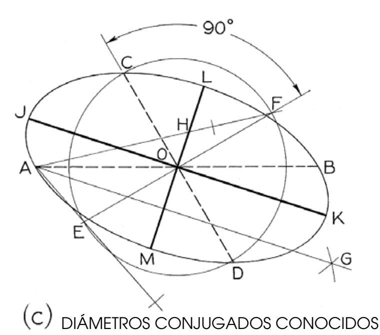


■ **FIGURA 4.21** ■ Construcciones de elipses.

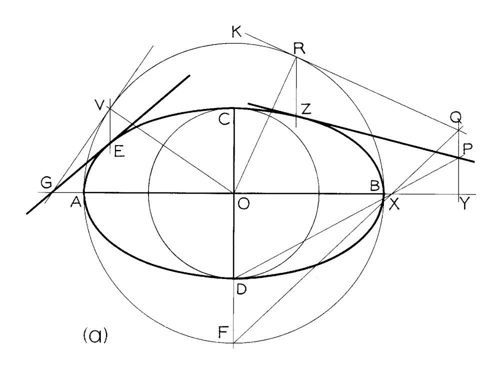
Para crear una tangente desde un punto exterior a la elipse, como P, trace la ordenada PY y extiéndala. Haga que la línea DP interseque al eje mayor en X. Dibuje la línea FX y extiéndala hasta intersecar en Q a la ordenada a través de P. Después, con base en la regla de los triángulos similares, QY:PY = OF:OD, trace una tangente al círculo a partir de Q, encuentre el punto de tangencia R y dibuje la ordenada en R para intersectar la elipse en Z. La línea ZP es la tangente requerida. Como puede observarse en la figura, las tangentes RQ y ZP deben intersecarse en un punto sobre el eje mayor extendido y pueden crearse dos tangentes a la elipse a partir del punto P.

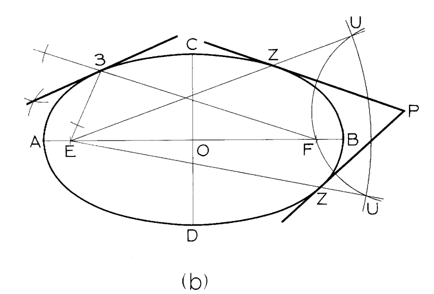




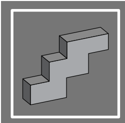


■ **FIGURA 4.22** ■ Localización de los ejes de una elipse.





■ **FIGURA 4.23** ■ Tangentes a una elipse.

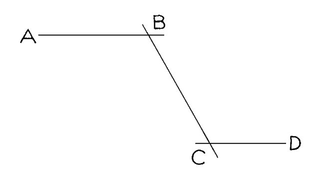


Paso a paso 4.5

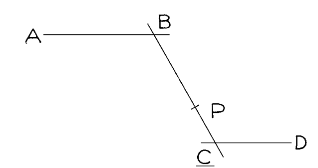
Creación de curvas tangentes

Siga los pasos que se presentan a continuación para aprender a crear una curva tangente a tres líneas dadas que se intersecan.

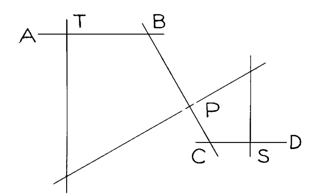
1. Sean AB, BC y CD las líneas dadas.



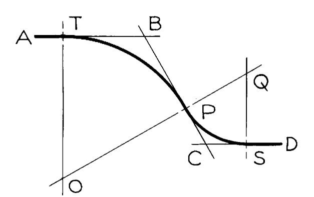
2. Seleccione el punto de tangencia P en cualquier punto sobre la línea BC.



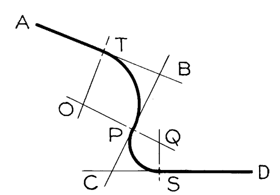
3. Haga BT igual a BP, y CS igual a CP, y trace perpendiculares en los puntos P, T y S.



4. Sus intersecciones O y Q son los centros de los arcos tangentes requeridos.



A continuación se muestra otro ejemplo de una curva tangente a tres líneas que se intersecan. Se utilizó el mismo proceso, pero sólo se presenta el resultado final.



4.16 ■ CREACIÓN DE UNA ELIPSE APROXIMADA

Para muchos propósitos, en particular cuando se requiere una elipse pequeña, resulta satisfactorio el método del arco circular aproximado. Algunos sistemas de CAD no crean elipses verdaderas sino que utilizan este método. El método de la elipse aproximada se muestra en la figura 4.24.

Dados los ejes AB y CD:

I. Trace la línea AC. Con O como centro y OA como radio, haga el arco AE. Con C como centro y CE como radio, dibuje el arco EF.

II. Trace el bisector perpendicular GH de la línea AF; los puntos K y J, donde ésta interseca a los ejes, son los centros de los arcos requeridos.

III. Encuentre los centros M y L mediante la utilización de OL = OK y OM = OJ. Utilice los centros K, L, M y J, trace arcos circulares como se muestra en la figura. Los puntos de tangencia T están en las intersecciones de los arcos sobre las líneas que unen los centros.

4.17 ■ DIBUJO DE UNA ESPIRAL DE ARQUÍMEDES

Para encontrar puntos sobre la curva, trace líneas a través del polo C, haciendo ángulos iguales entre sí; por ejemplo, ángulos de 30 grados como se muestra en la figura 4.25. Comience con cualquier línea, mida cualquier distancia, por ejemplo 2 mm; mida dos veces esa distancia en la siguiente línea, tres veces en la tercera y así sucesivamente. Dibuje una curva suave a través de los puntos que ha determinado.

4.18 ■ DIBUJO DE UNA HÉLICE

Una ***hélice*** se genera mediante un punto que se mueve alrededor y a lo largo de la superficie de un cilindro o cono, con una velocidad angular uniforme alrededor del eje y con una velocidad uniforme en la dirección del eje. Una hélice cilíndrica es llamada simplemente hélice. La distancia medida en forma paralela al eje atravesado por el punto en una revolución se llama avance. La hélice tiene muchas aplicaciones en la industria, como en roscas de tornillos, engranes de gusanos, transportadores, escaleras en espiral, etcétera. Las rayas en un anuncio de peluquería tienen forma helicoidal. Estas formas pueden crearse con máquinas de CN, al mover el cortador en las direcciones X, Y y Z al mismo tiempo.

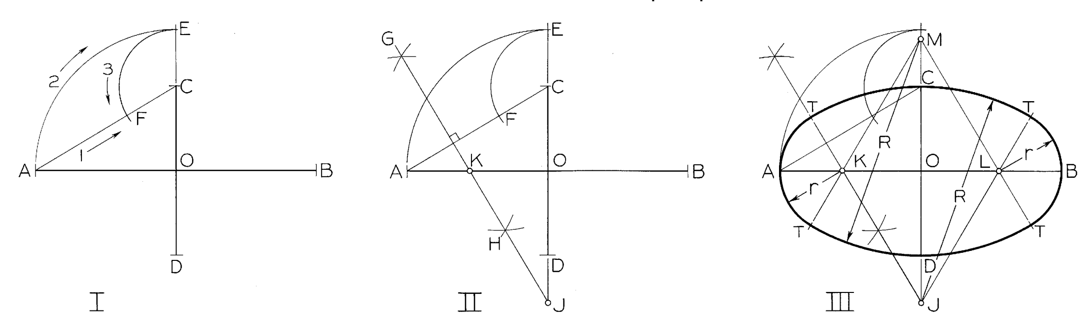
Si la superficie cilíndrica sobre la cual se genera una hélice se extiende para formar un plano, la hélice se convierte en una línea recta, como se muestra en la figura 4.26a. La porción debajo de la hélice se convierte en un triángulo rectángulo, cuya altura es igual al avance de la hélice; la longitud de la base es igual a la circunferencia del cilindro. Una hélice de este tipo puede definirse como la línea más corta sobre la superficie de un cilindro que conecta dos puntos que no están sobre el mismo elemento.

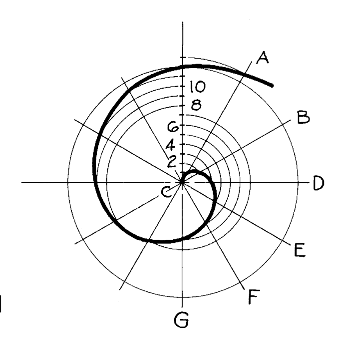
Para crear la hélice, primero dibuje dos vistas del cilindro sobre el que se genera la hélice, como se muestra en la figura 4.26b. Divida el círculo de la base en algún número de partes iguales, establezca el avance y divídalo en el mismo número de partes iguales que la base. Enumere las divisiones como se muestra en la figura (en este caso 16). Cuando el punto generador se haya movido un dieciseisavo de la distancia alrededor del cilindro habrá recorrido un dieciseisavo del avance; cuando se haya movido la mitad de su camino alrededor del cilindro, habrá recorrido la mitad del avance, y así sucesivamente. Los puntos sobre la hélice se encuentran al proyectar el punto 1 en la vista circular hasta la línea 1 en la vista rectangular, desde el punto 2 en la vista circular hasta la línea 2 en la vista rectangular y así sucesivamente.

En la figura 4.26b se presenta una hélice derecha. En una hélice izquierda, como la que se muestra en la figura 4.26c, las partes visibles de la curva están inclinadas en dirección opuesta; esto es, hacia abajo y a la derecha. Una hélice derecha puede convertirse en una hélice izquierda al intercambiar las líneas visibles y ocultas.

En la figura 4.26d se muestra la construcción de una hélice derecha y cónica.

■ **FIGURA 4.24** ■ Creación de una elipse aproximada.





■ FIGURA 4.25 ■ Espiral de Arquímedes.

4.19 ■ DIBUJO DE UNA EVOLVENTE

Una ***evolvente*** es la trayectoria de un punto sobre una cuerda cuando ésta se desenvuelve de una línea, polígono o círculo. La evolvente de un círculo se usa en la construcción de engranajes evolventes. En este sistema, la evolvente forma la cara y una parte del flanco de las ruedas del engranaje; los contornos de los dientes del engranaje son líneas rectas.

DIBUJO DE UNA EVOLVENTE DE UNA LÍNEA Sea AB la línea dada. Con AB como el radio y B como el centro, trace un semicírculo AC, como se muestra en la figura 4.27a. Con AC como radio y A como centro, trace el semicírculo CD. Con BD como radio y B como centro, haga el semicírculo DE. Continúe en forma similar y alterne los centros entre A y B hasta completar el tamaño requerido para la figura.

DIBUJO DE UNA EVOLVENTE DE UN TRIÁNGULO Sea ABC el triángulo dado. Con CA como radio y C como centro, trace el arco AD que se muestra en la figura 4.27b. Con BD como radio y B como centro, dibuje el arco DE. Con AE como radio y A como centro, haga el arco EF. Continúe en forma similar hasta que la figura tenga el tamaño requerido.

DIBUJO DE UNA EVOLVENTE DE UN CUADRADO Sea ABCD el cuadro dado. Con DA como radio y D como centro, dibuje el arco a 90 grados AE que se muestra en la figura 4.27c. Proceda como con la evolvente de un triángulo hasta completar el tamaño requerido para la figura.

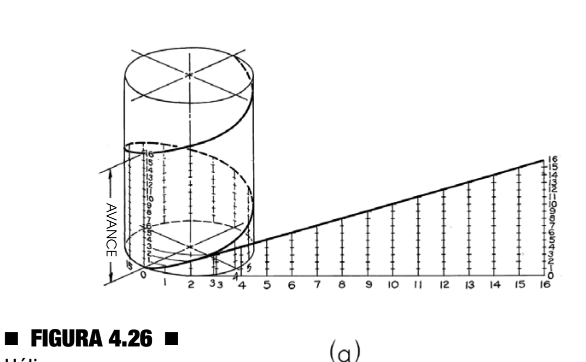
DIBUJO DE UNA EVOLVENTE DE UN CÍRCULO Puede pensarse en un círculo como un polígono con un número infinito de lados (figura 4.27d). La evolvente se construye al dividir la circunferencia en cierto número de partes iguales y crear una tangente en cada punto de división. A lo largo de cada tangente, marque la longitud del arco circular correspondiente. Trace la curva requerida a través de los puntos que ha localizado sobre varias tangentes.

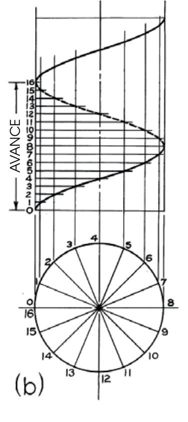
Una evolvente puede generarse mediante un punto sobre una línea recta que se gira sobre un círculo fijo (figura 4.27e). Los puntos sobre la curva requerida pueden determinarse al medir distancias iguales (0-1, 1-2, 2-3, etcétera) a lo largo de la circunferencia, para después dibujar una tangente a cada punto de división. Por último se procede como en la figura 4.27d.

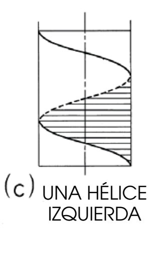
4.20 ■ DIBUJO DE UN CICLOIDE

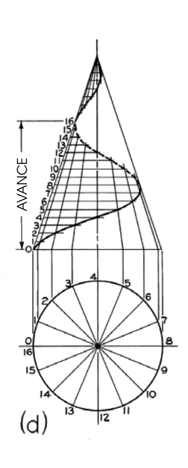
Un ***cicloide*** puede generarse al seguir un punto P en la circunferencia de un círculo que gira a lo largo de una línea recta.

Dado el círculo generador y la línea recta AB tangente a éste, haga las distancias CA y CB iguales a la circunferencia del círculo. Divida estas distancias uniformemente y la semicircunferencia en el mismo número de partes iguales (por ejemplo, seis) y enumérelas en forma consecutiva, como se muestra en la figura 4.28. Suponga que el círculo gira hacia la izquierda; cuando el punto 1 del círculo llegue al punto 1' de la línea, el centro del círculo estará en D, el punto 7 será el más alto de la circunferencia, y el punto generador 6 estará a la misma distancia de la línea AB que el punto 5 cuando el círculo está en la posición central. Para encontrar el punto P′, dibuje una línea a través del punto 5 paralela a AB e interséquela con un arco cuyo centro está en D y cuyo radio es igual al del círculo. Para encontrar el punto P″, trace una línea a través del punto 4 paralela a AB e interséquela con un arco cuyo centro es E y cuyo radio es igual al del círculo. Los puntos J, K y L se encuentran de una manera similar.

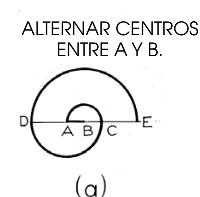


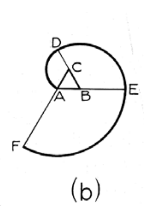


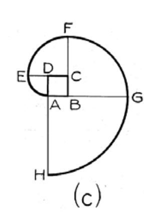


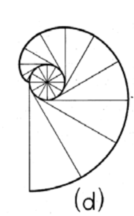


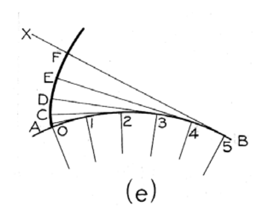
■ FIGURA 4.26 ■ Hélice.











■ **FIGURA 4.27** ■ Evolventes.

En la mitad derecha de la figura 4.28 se muestra otro método que puede usarse para crear cicloides. Dibuje un arco con centro en 11′ y la cuerda 11-6 como radio, después trace otro arco con centro en 10′ y la cuerda 10-6 como radio. Continúe en forma similar con centros en 9′, 8′, y 7′. Construya el cicloide requerido como tangente a estos arcos.

Puede utilizarse cualquier método; sin embargo, el segundo es más corto. La línea que une el punto generador y el punto de contacto para el círculo generador es una normal del cicloide (piense en el método utilizado para crear los arcos tangentes en el método descrito con anterioridad). Por ejemplo, las líneas 1′ − P″ y 2′ − P′, son normales. Esta propiedad hace que los cicloides sean útiles para dibujar contornos de engranajes.

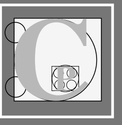
4.21 ■ EPICICLOIDES E HIPOCICLOIDES

Si el punto generador está sobre la circunferencia de un círculo que gira a lo largo del lado convexo de un círculo más grande, la curva generada es un ***epicicloide***, como se muestra en la figura 4.29a. Si el círculo gira a lo largo del lado cóncavo de un círculo más grande, la curva generada es un ***hipocicloide***, como se muestra en la figura 4,29b. Estas curvas se dibujan de una manera similar a la del cicloide y se usan para dibujar los contornos de ciertos engranajes y, por lo tanto, tienen una importancia práctica en el diseño de máquinas.

4.22 ■ SÓLIDOS

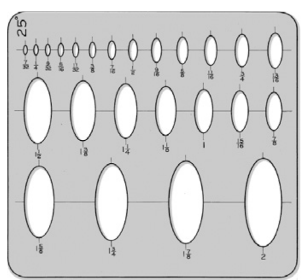
Los sólidos delimitados por superficies planas se llaman ***poliedros***, de los cuales se muestran algunos ejemplos en la figura 4.30. Las superficies son llamadas ***caras***, y si las caras son polígonos regulares iguales los sólidos se conocen como ***poliedros regulares***.

Un ***prisma*** tiene dos bases, que son polígonos iguales y paralelos, y tres o más caras laterales, que son paralelogramos. Un prisma triangular tiene una base en forma de triángulo, un prisma rectangular tiene una base con forma de rectángulo, y así sucesivamente. Si las bases son paralelogramos, el prisma es un ***paralelepípedo***. Un prisma recto tiene caras y aristas laterales perpendiculares a las bases; un prisma oblicuo tiene caras y aristas laterales oblicuas a las bases. Si uno de los extremos se corta para formar un nuevo extremo no paralelo a las bases, entonces se dice que el prisma está ***truncado***.



Consejo práctico
Uso de plantillas de elipses

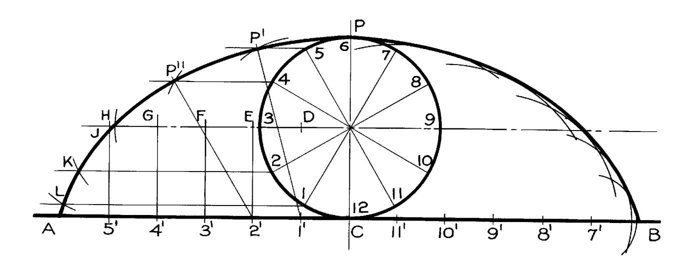
Las plantillas de elipses de plástico delgado, como la que se muestra en la figura, pueden utilizarse para ahorrar tiempo al dibujar elipses. Las plantillas se identifican por el ángulo de la elipse (el ángulo al que se inclina un círculo para aparecer como una elipse).



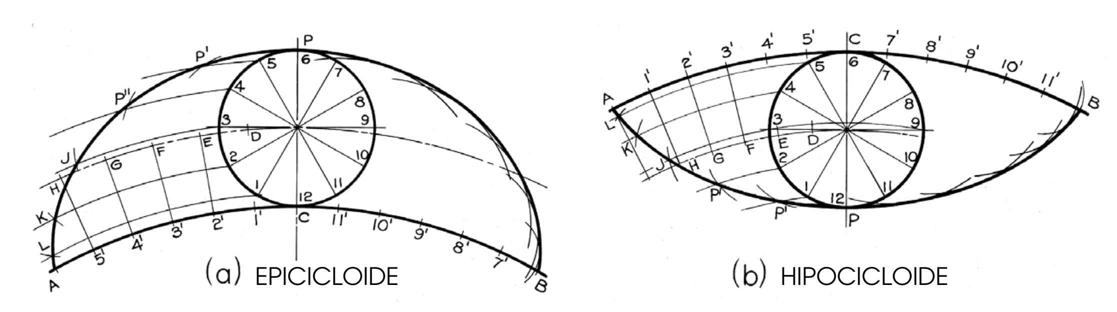
PLANTILLA DE ELIPSES.

Por lo general, las plantillas de elipses están disponibles en intervalos de ángulos de 5 grados, como 15 grados, 20 grados y 25 grados. En este ejemplo, el ángulo entre la línea de visión y la visión del borde del plano del círculo es de alrededor de 49 grados. Por eso se recomienda utilizar una planilla de elipses a 50 grados, puesto que es el tamaño más cercano. La plantilla de 50 grados proporciona una variedad de tamaños de elipses con ese nivel de inclinación; debe seleccionarse la que mejor se ajuste al tamaño requerido.

Si el ángulo de la elipse no puede determinarse con facilidad, siempre existe la opción de buscar la elipse que sea aproximadamente tan larga y tan ancha como la elipse que se pretende dibujar.



■ **FIGURA 4.28** ■ Cicloide.



■ **FIGURA 4.29** ■ Epicicloide e hipocicloide.

Una ***pirámide*** tiene por base un polígono y caras laterales triangulares que se intersecan en un punto común llamado ***vértice***. La línea central que va desde el centro de la base hasta el vértice es el ***eje***. Si el eje es perpendicular a la base, la pirámide es recta; de otra forma es una pirámide oblicua. Una pirámide triangular tiene una base en forma de triángulo, una pirámide cuadrangular tiene una base en forma de cuadrado, y así sucesivamente. Si se corta una parte cercana al vértice, entonces la pirámide está truncada o se hace referencia a ésta como un tronco.

Un ***cilindro*** se genera mediante una línea recta, llamada generatriz, que se mueve en contacto con una línea curva y siempre se mantiene paralela a su posición previa o al eje. Cada posición de la generatriz se conoce como un elemento del cilindro.

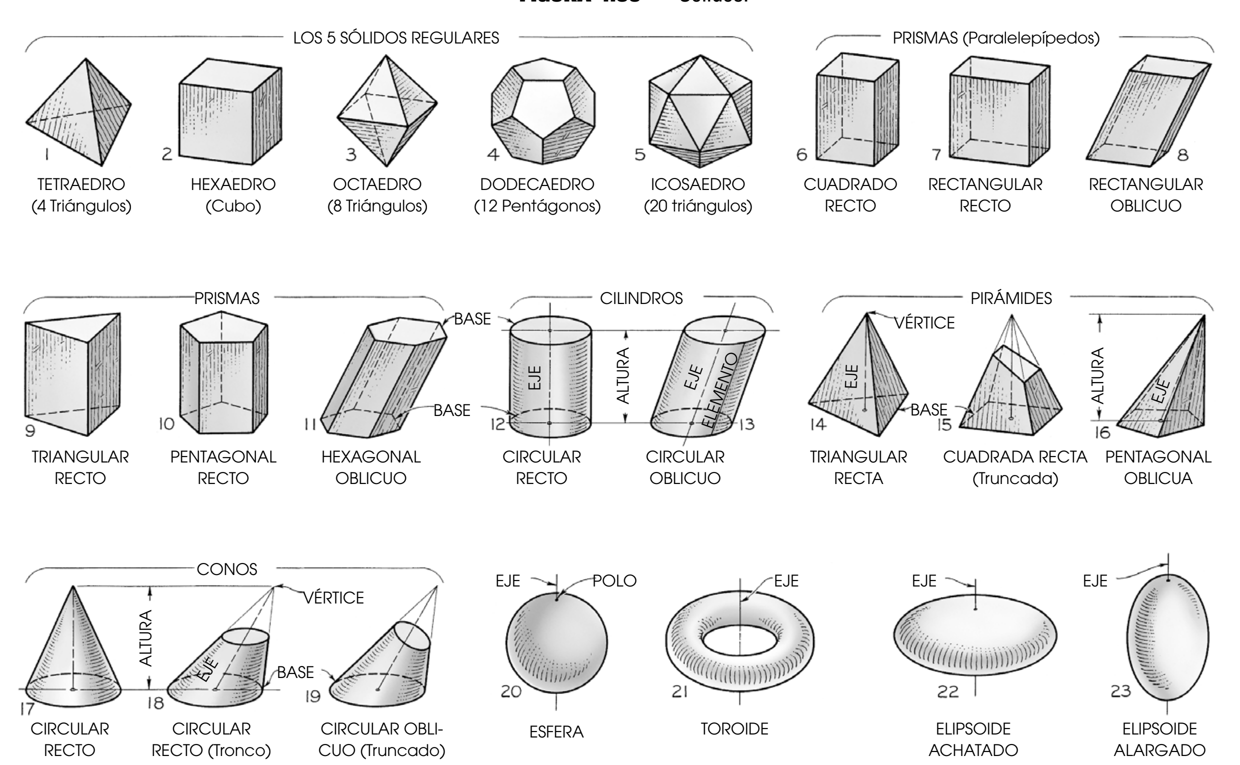
Un ***cono*** es generado mediante una línea recta que se mueve en contacto con una línea curva y que pasa a través de un punto fijo, que es el vértice del cono. Cada posición de la generatriz es un elemento del cono.

Una ***esfera*** se genera por un círculo en revolución alrededor de uno de sus diámetros. Este diámetro se convierte en el eje de la esfera, y los extremos del eje son los **polos** de la esfera.

Un ***toroide*** tiene la forma de una dona o rosquilla y se genera mediante un círculo (u otra curva) en revolución alrededor de un eje que es excéntrico a la curva.

Un ***elipsoide achatado*** o ***alargado*** se genera por la revolución de una elipse alrededor de su eje menor o mayor, respectivamente.

■ **FIGURA 4.30** ■ Sólidos.



Nota sobre Gráficos Del arte a la parte

Base de datos sencilla

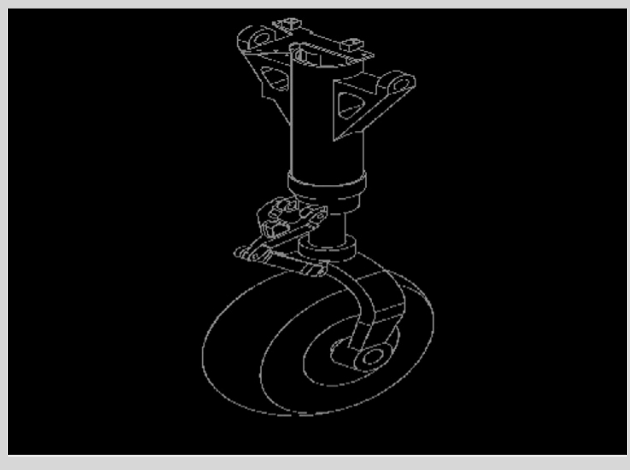
Una base de datos CAD sencilla puede usarse para diseñar, documentar, analizar, crear prototipos y fabricar en forma directa partes terminadas para un diseño. El término *del arte a la parte* se usa en ocasiones para describir una base de datos de CAD que se utiliza para muchos de estos propósitos.

Libertad de bosquejo

Con frecuencia, las ideas iniciales para el diseño se bosquejan a mano alzada, como se muestra en la figura A. Mientras se generan las ideas para el diseño, es importante ser capaz de producir con rapidez ideas creativas sin estar atado al uso de una computadora. Aún en la actualidad, el bosquejo es la mejor herramienta para ayudar en este proceso.

Modelos inteligentes

Después de generar las ideas iniciales, se desarrollan a profundidad las mejores alternativas para el diseño. En este punto, el ingeniero debe crear dibujos burdos en tres dimensiones como el que se observa en la figura B, quizá deba utilizar software de *modelado paramétrico*, el cual usa variables para restringir la forma de la geometría. Con el uso del modelado paramétrico el diseñador bosqueja de manera burda formas iniciales y aplica las dimensiones del dibujo y las restricciones para crear modelos "inteligentes". Después, el diseñador puede cambiar las dimensiones y restricciones a medida que se refina el diseño, de manera que no es necesario crear nuevos modelos para cada cambio de diseño. Las representaciones realistas del modelo ayudan a visualizar el diseño final.



(B)

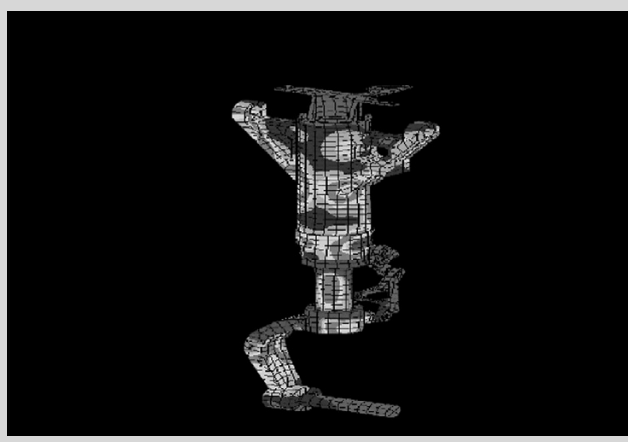
Optimización del diseño

El modelo refinado puede exportarse directamente a un programa de análisis de elemento finito (FEA, por *Finite Element Analysis*) para realizar análisis estructural, térmico y modal como se muestra en la figura C. El modelo paramétrico puede cambiarse con facilidad si el análisis muestra que el diseño inicial no satisface los requerimientos. Los programas de simulación pueden incluso animar el desempeño y funcionamiento del sistema antes de construir un prototipo. Las tolerancias y ajustes entre las partes para ensamblar pueden verificarse con el software de modelado y diseño paramétrico así como su tolerancias para manufactura. En la

(A)



(C)



Continúa en la siguiente página



(D)



(E)

figura D se muestra un modelo tridimensional sombreado que se parece bastante a la parte terminada.

Creación de prototipos rápidos

A menudo, los ingenieros trabajan concurrentemente con el área de manufactura mientras refinan las ideas de diseño para determinar las mejores formas de fabricar y ensamblar las partes necesarias. Después de varios ciclos en los que se refinan, analizan y sintetizan las mejores ideas, el diseño final está listo para su producción. Los sistemas para la creación rápida de prototipos permiten que las partes se generen con rapidez y directamente de los modelos tridimensionales y después elaborar una maqueta y realizar las pruebas correspondientes. En la figura E se muestra el prototipo de la parte. Una vez aprobado el diseño es posible crear las partes terminadas mediante el uso de máquinas de control numérico, las cuales obtienen las trayectorias para sus herramientas directamente del modelo tridimensional.

Introducción rápida de nuevos productos en el mercado

La documentación necesaria para el diseño —manuales, folletos y otra documentación de este tipo— puede crearse en forma directa a partir de la misma geometría usada para el diseño y la fabricación. Las ventajas para las compañías que utilizan software de CAD en el diseño, la documentación y la fabricación de sus productos son un ciclo de diseño acortado, mejora de la comunicación y mejores oportunidades de analizar y hacer cambios al diseño.

PALABRAS CLAVE

ÁNGULO
BISECTOR PERPENDICULAR
CARAS
CICLOIDE
CILINDRO
CÍRCULO
CIRCUNFERENCIA
CONO
CUADRILÁTERO
EJE
ELIPSOIDE ACHATADO
EPICICLOIDE
ESFERA
EVOLVENTE
HÉLICE
HIPOCICLOIDE
LÍNEA
LÍNEA RADIAL
PARALELA
PARALELEPÍPEDO
PARALELOGRAMO
PIRÁMIDE
POLIEDROS
POLIEDROS REGULARES
POLÍGONO
POLÍGONO REGULAR
POLOS
PRISMA
PUNTO
TANGENTE
TOROIDE
TRIÁNGULO
TRONCO O TRUNCADO
VÉRTICE

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- La comprensión de las técnicas básicas de construcción geométrica y su terminología es fundamental para el éxito del dibujo tradicional y del dibujo con CAD.
- Todos los dibujos están hechos de puntos, líneas, arcos y círculos trazados en varios tamaños y construidos con orientaciones específicas entre sí.
- La ventaja que ofrece el CAD para la construcción geométrica está en la precisión del dibujo; sólo el diseñador sabe dónde debe dibujarse un punto, línea, arco o círculo. Es tan fácil crear dibujos con CAD como lo es a mano.
- Es importante mostrar de manera correcta las tangencias tanto en los bosquejos hechos a mano como en los dibujos de CAD.

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Cómo puede dividirse una línea en partes iguales mediante bosquejos? ¿Y por medio de un sistema CAD?
2. ¿De cuántas formas puede ser tangente un arco a una línea? ¿A dos líneas? ¿A una línea y un arco? ¿A dos arcos? Dibuje un ejemplo de cada uno de ellos.
3. Elabore un triángulo equilátero, un triángulo rectángulo y un triángulo isósceles.
4. Dada una línea vertical, bosqueje otra vertical a una distancia uniforme (1) paralela a la primera y (2) trace una perpendicular en la mitad de ambas líneas. Después dibuje una línea inclinada al centro de la línea de intersección entre ambas líneas. Finalmente, dibuje una línea vertical en el punto de la intersección con la línea inclinada.

PROYECTO DE DISEÑO

Existe la necesidad de iluminar una casa; la opción escogida debe ser atractiva, barata, fácil de instalar y de usar. Diseñe una lámpara única montada en la pared o de pedestal que haga uso de líneas elegantes y curvas suaves. Considere diferentes mecanismos para operar la lámpara y use los materiales con creatividad. Busque un diseño terminado que preste atención al funcionamiento y al estilo. Represente su diseño en forma precisa utilizando las técnicas de construcción geométrica que aprendió en este capitulo.

PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN GEOMÉTRICA

Las construcciones geométricas deben hacerse con mucha precisión; utilice CAD cuando esté disponible. Al resolver los siguientes problemas use el esquema A-2 o el esquema A4-2 (ajustado) que se encuentran en el interior de la portada (segunda de forros). Prepare cada problema de forma que se haga el mejor uso posible del espacio disponible para aprovechar sus ventajas y producir una apariencia agradable. Asigne letras a los puntos principales de todas las construcciones de una manera similar a las distintas ilustraciones de este capítulo. Usted debe ser capaz de mostrar cuatro problemas por hoja. Muchos problemas están dimensionados en el sistema métrico. Como muchos de los problemas de este capítulo son de naturaleza general, también pueden resolverse en la mayoría de los sistemas gráficos de computadora.

Proy. 4.1 Dibuje una línea inclinada AB de 65 mm de longitud y biséctela.

Proy. 4.2 Dibuje cualquier ángulo con el vértice en C y biséctelo.

Proy. 4.3 Dibuje cualquier línea inclinada EF. Dado que la distancia GH es 5 pulg o 42 mm. Dibuje una línea paralela a EF y a una distancia GH de ésta.

Proy. 4.4 Dibuje la línea JK de 95 mm de longitud y divídala en cinco partes iguales. Dibuje una línea LM de 58 mm de longitud y divídala en tres partes iguales.

Proy. 4.5 Dibuje una línea OP de 92 mm de largo y divídala en tres partes proporcionales con la razón 3:5:9.

Proy. 4.6 Dibuje un triángulo con lados de 76 mm, 85 mm y 65 mm. Bisecte los tres ángulos interiores. Los bisectores deben coincidir en un punto. Dibuje el círculo inscrito cuyo centro está en el punto de coincidencia.

Proy. 4.7 Dibuje un triángulo rectángulo que tiene una hipotenusa de 65 mm y un cateto de 40 mm, y dibuje un círculo a través de los tres vértices.

Proy. 4.8 Dibuje una línea inclinada QR de 84 mm de largo. Seleccione un punto P en la línea 32 mm desde Q y trace una perpendicular a través del punto P. Localice el punto S a 45 mm de la línea, y dibuje una perpendicular desde S hasta la línea.

Proy. 4.9 Dibuje un triángulo equilátero con lados de 63.5 mm. Bisecte los ángulos interiores. Dibuje el círculo inscrito cuyo centro está en la intersección de los bisectores.

Proy. 4.10 Dibuje un círculo con diámetro de 54 mm. Inscriba un cuadrado en el círculo y circunscriba un cuadrado alrededor del círculo.

Proy. 4.11 Dibuje un círculo de 65 mm de diámetro. Inscriba un pentágono regular y una los vértices para formar una estrella de cinco picos.

Proy. 4.12 Dibuje un círculo de 65 mm de diámetro. Inscriba un hexágono y circunscriba otro.

Proy. 4.13 Dibuje un cuadrado con lados de 63.5 mm e inscriba un octágono.

Proy. 4.14 Dibuje un círculo de 58 mm de diámetro. Suponga un punto S sobre el lado izquierdo del círculo y dibuje una tangente a dicho punto. Suponga un punto T a la derecha del círculo, a 50 mm del centro. Dibuje dos tangentes al círculo que pasen por el punto T.

Proy. 4.15 Dibuje una línea central horizontal. Después trace dos círculos con diámetros de 50 mm y 38 mm respectivamente, cuyos centros estén separados por 54 mm. Ubique los círculos de forma que la construcción esté centrada en el espacio. Dibuje cinturones abiertos tangentes a los círculos.

Proy. 4.16 Haga lo mismo que para el proyecto 4.15, pero ahora dibuje cinturones cruzados tangentes a los círculos.

Proy. 4.17 Dibuje una línea vertical VW cercana a la mitad del área de dibujo. Localice un punto P a 44 mm a la derecha y 25 mm debajo del borde superior del espacio. Dibuje un círculo de 56 mm de diámetro a través de P, tangente a VW.

Proy. 4.18 Dibuje una línea vertical XY cercana a la mitad del área de dibujo. Localice un punto P a 44 mm a la derecha y 25 mm debajo del borde superior del espacio. Localice un punto Q sobre la línea XY y a 50 mm de P. Dibuje un círculo a través de P y tangente a XY en Q.

Proy. 4.19 Dibuje un círculo de 64 mm de diámetro con centro C a 16 mm directamente a la izquierda del centro del espacio de dibujo. Suponga un punto P abajo a la izquierda y a 60 mm de C. Dibuje un arco con 25 mm de radio a través de P y tangente al círculo.

Proy. 4.20 Dibuje una línea vertical y una línea horizontal, cada una con 65 mm de longitud. Dibuje un arco con un radio de 38 mm tangente a las líneas.

Proy. 4.21 Dibuje dos líneas intersecantes que forman un ángulo de 60° entre sí. Suponga un punto P en una línea a una distancia de 45 mm desde la intersección. Dibuje un arco tangente a ambas líneas con un punto de tangencia en P.

Proy. 4.22 Dibuje una línea vertical AB a 32 mm desde el lado izquierdo del espacio de dibujo. Dibuje un arco de 42 mm de radio con centro a 75 mm a la derecha de la línea y en la parte inferior derecha del espacio. Dibuje un arco de 25 mm de radio, tangente a AB y al primer arco.

Proy. 4.23 Dibuje arcos con radios de 44 mm y 24 mm respectivamente, con centros a 20 mm por encima del borde inferior del espacio de dibujo y a 86 mm del primero de los centros. Dibuje un arco de 32 mm de radio tangente a los dos arcos.

Proy. 4.24 Dibuje dos líneas inclinadas paralelas separadas por 45 mm. Elija un punto en cada línea y conéctelos con una curva de cimacio tangente a las dos líneas paralelas.

Proy. 4.25 Use el centro del espacio de dibujo como poste para dibujar una espiral de Arquímedes con el punto generador moviéndose en una dirección opuesta a la de las manecillas del reloj y alejándose del poste a una razón de 25 mm en cada convolución.

Proy. 4.26 A través del centro del espacio de dibujo, trace una línea central horizontal y sobre ella construya una hélice derecha de 50 mm de diámetro, 64 mm de largo y con un avance de 25 mm. Dibuje sólo una vista final semicircular.

Proy. 4.27 Dibuje la evolvente de un triángulo equilátero con lados de 15 mm.

Proy. 4.28 Dibuje la evolvente de un círculo de 20 mm de diámetro.

Proy. 4.29 Dibuje un cicloide generado por un círculo de 30 mm de radio que gira a lo largo de una línea recta horizontal.

Proy. 4.30 Dibuje un epicicloide generado por un círculo de 38 mm de diámetro que gira a lo largo de un arco circular con un radio de 64 mm.

Proy. 4.31 Dibuje un hipocicloide generado por un círculo de 38 mm de diámetro que gira a lo largo de un arco circular con radio de 64 mm.

Proy. 4.32 Use el esquema A-2 o A4-2 (ajustado) para dibujar la llave mostrada en la figura 4.31. Omita las dimensiones y notas a menos que estén asignadas.

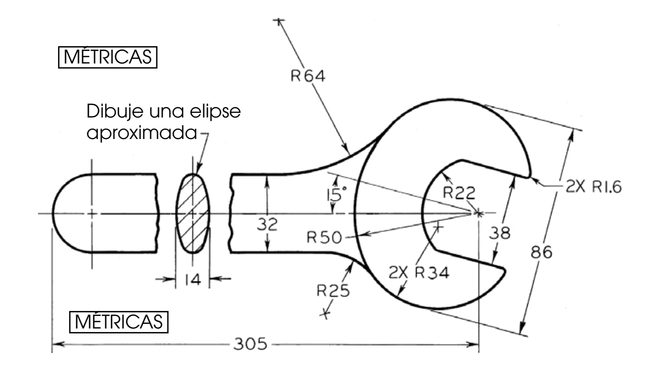
Proy. 4.33 Use el esquema A-2 o A4-2 (ajustado) para dibujar la pieza fundida de un gancho para flecha de la figura 4.32. Omita las dimensiones y notas a menos que estén asignadas.

Proy. 4.34 Use el esquema A-2 o A4-2 (ajustado) para dibujar la palanca de cambios de la figura 4.33. Omita las dimensiones y notas a menos que estén asignadas.

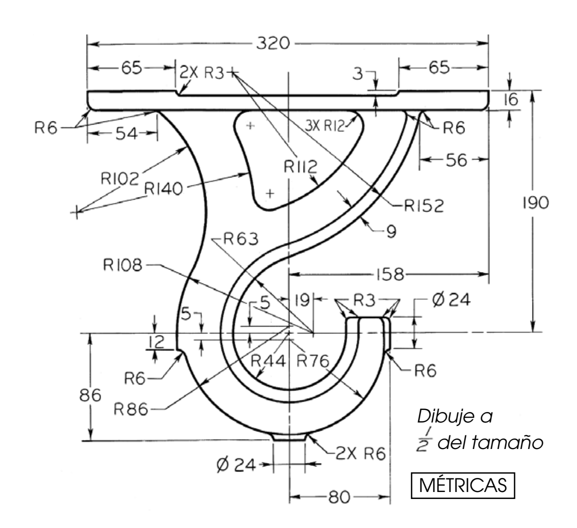
Proy. 4.35 Use el esquema A-2 o A4-2 (ajustado) para dibujar la palanca de giro de la figura 4.34. Omita las dimensiones y notas a menos que estén asignadas.

Proy. 4.36 Use el esquema A-2 o A4-2 (ajustado) para dibujar la base para prensa de la figura 4.35. Omita las dimensiones y notas a menos que estén asignadas.

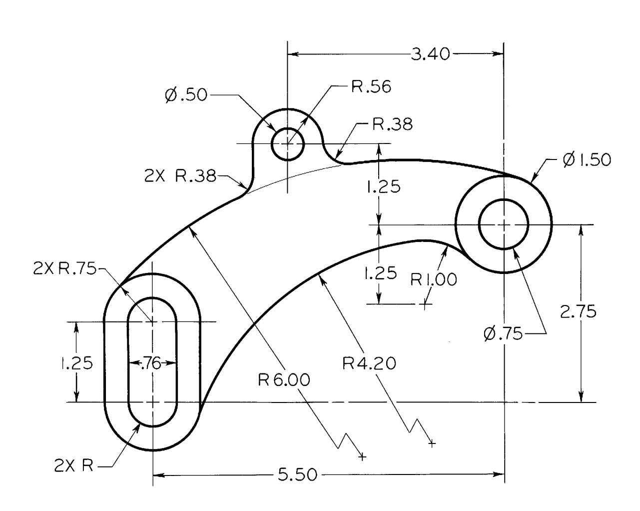
Proy. 4.37 Use el esquema A-2 o A4-2 (ajustado) para dibujar el reflector de flujo luminoso de la figura 4.36. Omita las dimensiones y notas a menos que estén asignadas.



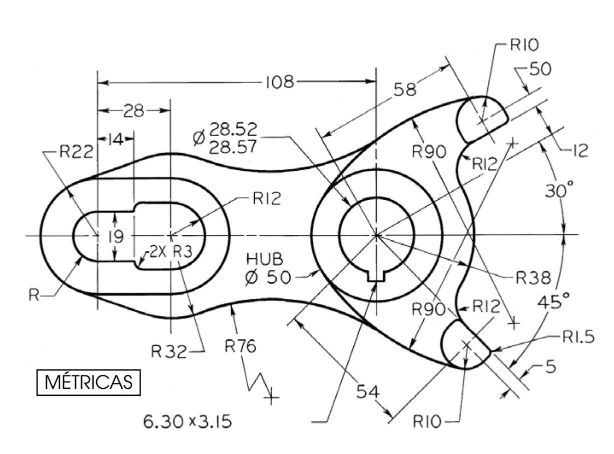
■ **FIGURA 4.31** ■ Llave.



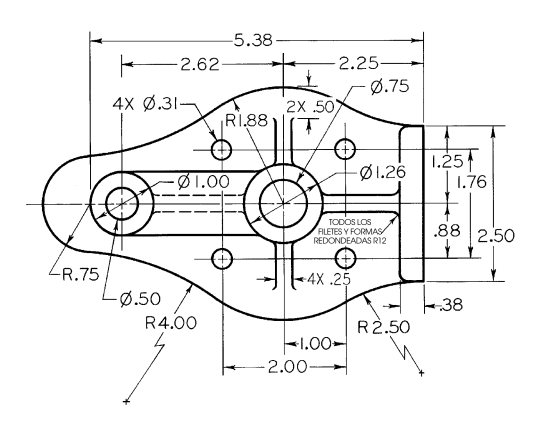
■ **FIGURA 4.32** ■ (Proy. 4.33) Pieza fundida de un gancho para flecha.



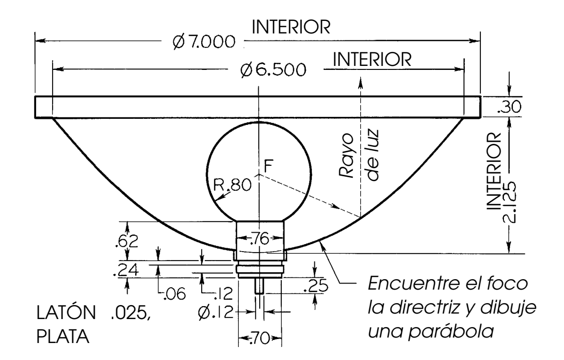
■ **FIGURA 4.33** ■ (Proy. 4.34) Palanca de cambios.



■ **FIGURA 4.34** ■ (Proy. 4.35) Palanca de giro.



■ **FIGURA 4.35** ■ (Proy. 4.36) Base para prensa.



■ **FIGURA 4.36** ■ (Proy. 4.37) Reflector de lámpara fotográfica tipo *flood*.

Capítulo

5

Bosquejo y proyección de vistas múltiples

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Bosquejar y ordenar seis vistas estándar de un objeto.**
2. **Bosquejar tres vistas mediante el uso de las convenciones, la colocación y la alineación adecuadas.**
3. **Leer y medir con un escalímetro de arquitectura, de ingeniería o métrico.**
4. **Transferir dimensiones entre vistas.**
5. **Centrar un bosquejo con tres vistas en la parte media del dibujo.**
6. **Describir la proyección de primer y tercer ángulos.**
7. **Identificar y proyectar superficies normales, inclinadas y oblicuas en todas las vistas.**
8. **Bosquejar cilindros positivos y negativos en todas las vistas.**
9. **Graficar secciones cónicas y curvas irregulares en todas las vistas.**
10. **Entender las convenciones de dibujo, los tratamientos a orificios y los procesos de maquinado.**
11. **Aplicar convenciones para girar costillas, rayos y nervaduras.**

PANORAMA

Una proyección es una vista de un objeto. Mediante la proyección sistemática de vistas desde varias direcciones es posible describir completamente la forma de objetos tridimensionales. Existen diferentes estilos que el diseñador debe aprender para poder crear bosquejos y dibujos que puedan ser interpretados por otras personas. En Estados Unidos es común el uso del estándar ANSI/ASME Y14 3M-1994, que emplea una proyección de tercer ángulo. En Europa, Asia y muchos otros lugares se utiliza el sistema de proyección de primer ángulo.

Para que un diseñador pueda elaborar e interpretar dibujos, debe saber emplear proyecciones y entender el ordenamiento estándar de las vistas. También debe entender la geometría de objetos sólidos y cómo visualizar un objeto dado un bosquejo o dibujo. La comprensión de las características de las superficies normales, inclinadas y oblicuas puede ayudar a la visualización de objetos. Los elementos comunes, como vértices, bordes, contornos, filetes, orificios y partes redondeadas, se muestran de un modo estándar. Estos detalles deben presentarse con claridad mediante la elección de una escala adecuada.

5.1 n VISTAS DE LOS OBJETOS

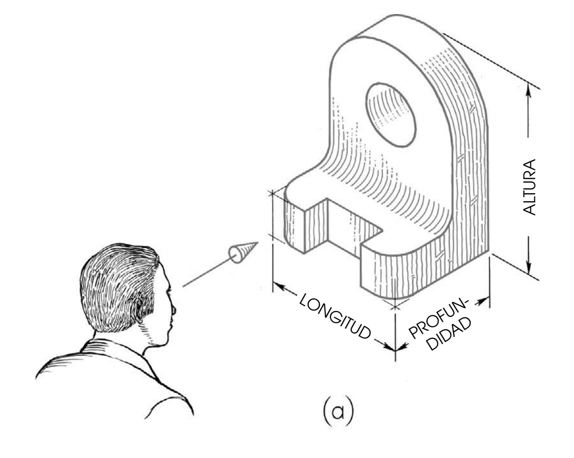
Una fotografía muestra un objeto tal como lo ve el observador, aunque no necesariamente como es. Mediante la fotografía no se puede describir un objeto en forma detallada, la imagen es mostrada sin importar la distancia o la dirección desde donde se tome, porque no muestra las formas exactas y los tamaños de las partes. Sería imposible crear un modelo tridimensional preciso con el uso de una sola fotografía como referencia porque ésta muestra sólo una vista. Una fotografía es una representación bidimensional de un objeto tridimensional.

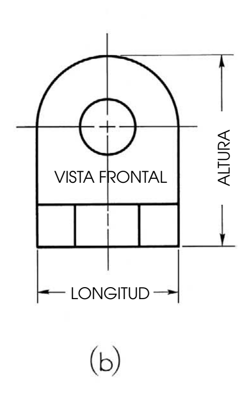
En ingeniería y otros campos es necesaria una descripción completa y clara de la forma y el tamaño de un objeto para tener la seguridad de que éste se fabricará exactamente como lo imaginó el diseñador. Para proporcionar esta información se utiliza cierta cantidad de vistas ordenadas en forma sistemática. Este sistema de vistas se llama ***proyección de vistas múltiples***. En él, cada vista proporciona una parte definida de toda la información. Por ejemplo, una vista frontal muestra la forma y tamaño verdaderos de las superficies paralelas al frente del objeto. La figura 5.1 muestra la dirección de la mirada y la proyección de la vista frontal resultante.

5.2 n LAS SEIS VISTAS ESTÁNDAR

Cualquier objeto como un cubo de cristal podrá ser visto detalladamente desde cada uno de sus lados perpendiculares, conocidas como las seis vistas principales (figura 5.2). Tres de ellas están alineadas y muestran las tres vistas del objeto siempre y cuando sea simétrico. Por ejemplo, la vista superior es opuesta a la inferior, la izquierda es opuesta a la derecha y la vista frontal se opone a la trasera.

Por lo tanto, estas seis vistas estándar son las que tendría un observador al moverse alrededor del objeto. Como la figura 5.3 lo muestra, el observador puede caminar alrededor de una casa y ver su frente, sus lados y su parte trasera; desde un helicóptero podría tener una vista superior y desde el subsuelo una inferior. También pueden usarse los términos "planta" para la vista superior y "elevación"



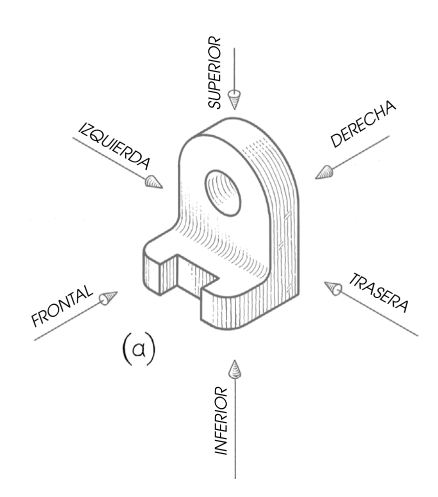


n **FIGURA 5.1** n Vista frontal de un objeto.

para todas las vistas que muestran la altura de una construcción. Estos términos se usan con regularidad en dibujo arquitectónico y, de manera ocasional, en otros campos.

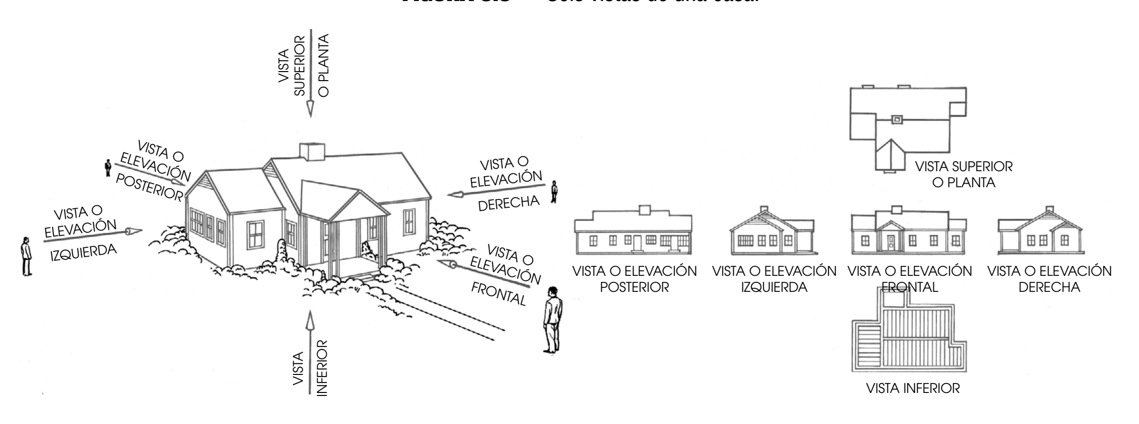
También es posible producir diferentes vistas al girar el objeto (figura 5.4). Primero, se sostiene el objeto en la posición de la vista frontal (a). Para obtener la vista superior (b) se inclina el objeto hacia el observador para colocar su vista, y se pose sobre la parte superior del objeto. Para producir la vista derecha (c), se comenzaría por sostener el objeto en su posición de vista frontal para después girarlo y así colocar la vista derecha hacia el observador. Para obtener las vistas izquierda, trasera e inferior simplemente se gira el objeto para colocar cada una de estas vistas de frente al observador.

Para facilitar la lectura de los dibujos, estas vistas se ordenan de un modo estándar. Las vistas de la figura 5.5 muestran este orden de acuerdo con el Estándar Nacional

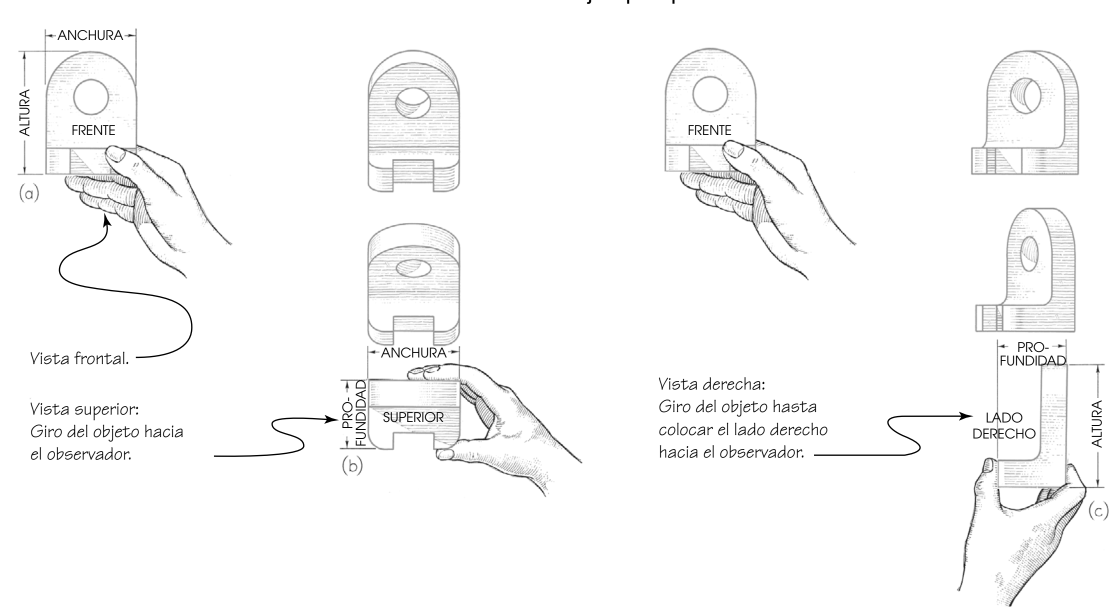


■ **FIGURA 5.2** ■ Las seis vistas.

■ **FIGURA 5.3** ■ Seis vistas de una casa.

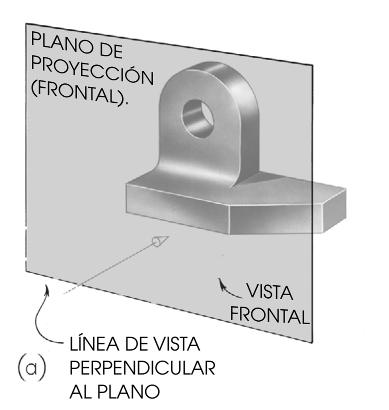


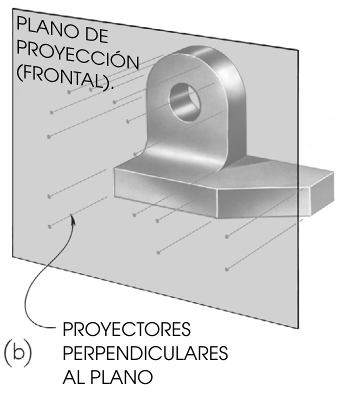
■ **FIGURA 5.4** ■ Giro del objeto para producir vistas.

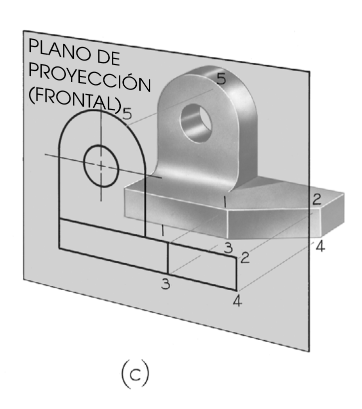




n **FIGURA 5.5** n Orden estándar de las vistas.







n **FIGURA 5.6** n Proyección de un objeto.

Estadounidense (*American National Standard*). Las vistas superior, frontal e inferior se alinean en forma vertical; las vistas trasera, izquierda, frontal y derecha se alinean de manera horizontal. Colocar una vista fuera de lugar constituye un error serio considerado generalmente como uno de los peores posibles en dibujo.

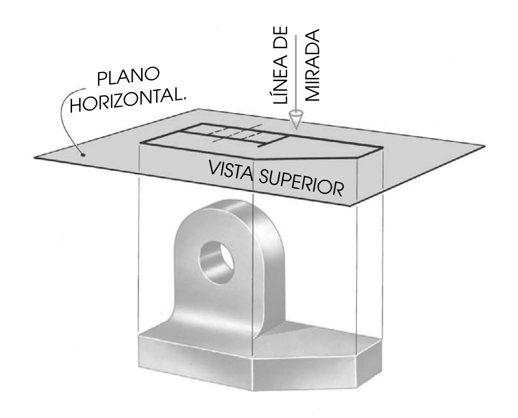
5.3 n DIMENSIONES PRINCIPALES

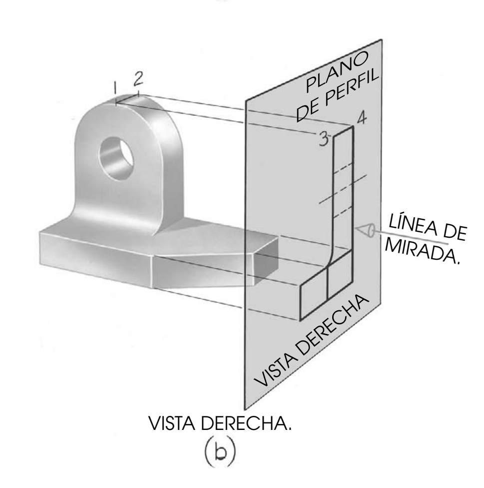
Las tres dimensiones principales de un objeto son ***anchura***, ***altura*** y ***profundidad***. En dibujo técnico, estos términos fijos se emplean para las dimensiones mostradas en ciertas vistas, independientemente de la forma del objeto. Los términos “longitud” y “grosor” no se utilizan porque no pueden aplicarse en todos los casos.

La vista frontal muestra sólo la altura y la anchura del objeto, pero no la profundidad. De hecho, cualquier vista principal de un objeto tridimensional muestra sólo dos de las tres dimensiones principales; la tercera se encuentra en una vista adyacente. La altura se muestra en las vistas trasera, izquierda, frontal y derecha; la anchura se presenta en las vistas trasera, superior, frontal e inferior; la profundidad se muestra en las vistas izquierda, superior, derecha e inferior.

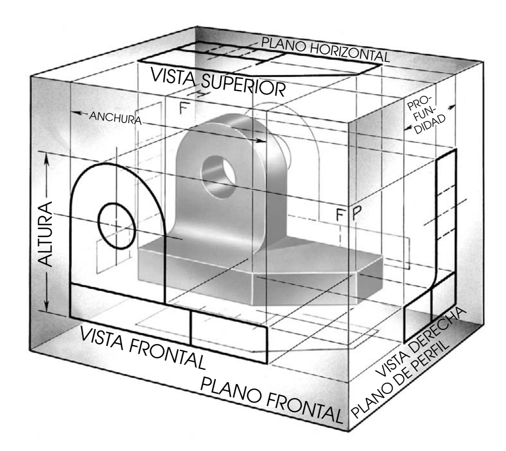
5.4 n MÉTODO DE PROYECCIÓN

La figura 5.6 muestra cómo crear la vista frontal de un objeto por medio de una proyección de vistas múltiples. Imagine una lámina de cristal paralela a las superficies frontales del objeto; este cristal representa el ***plano de proyección***. El contorno sobre el plano de proyección muestra el objeto tal como es visto por el observador. En la proyección ***ortogonal*** existen rayos (o proyecciones) que parten desde todos los puntos sobre los bordes o contornos del objeto y se extienden paralelos entre sí y perpendiculares al plano de proyección.

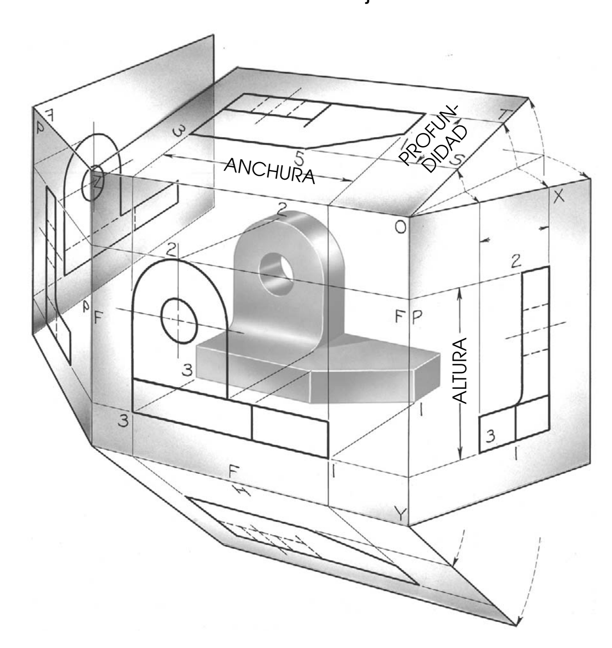




■ **FIGURA 5.7** ■ Vistas superior y derecha.



■ **FIGURA 5.8** ■ La caja de cristal.



■ **FIGURA 5.9** ■ La caja de cristal desplegándose.

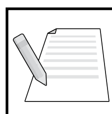
La figura 5.7 presenta ejemplos similares de las vistas superior y derecha. El plano de proyección sobre el que se proyecta la vista frontal se conoce como plano frontal, el plano donde se proyecta la vista superior se llama plano horizontal, y el plano sobre el que se proyecta la vista lateral se llama plano de perfil.

5.5 ■ LA CAJA DE CRISTAL

Para entender el orden estándar de las vistas sobre la hoja de papel es similar a la ***caja de cristal***: si cada plano de proyección se colocara paralelo a cada cara principal del objeto, los planos formarían una caja, como la figura 5.8 lo muestra. El observador exterior vería seis vistas estándar del objeto a través de las caras de esta caja imaginaria.

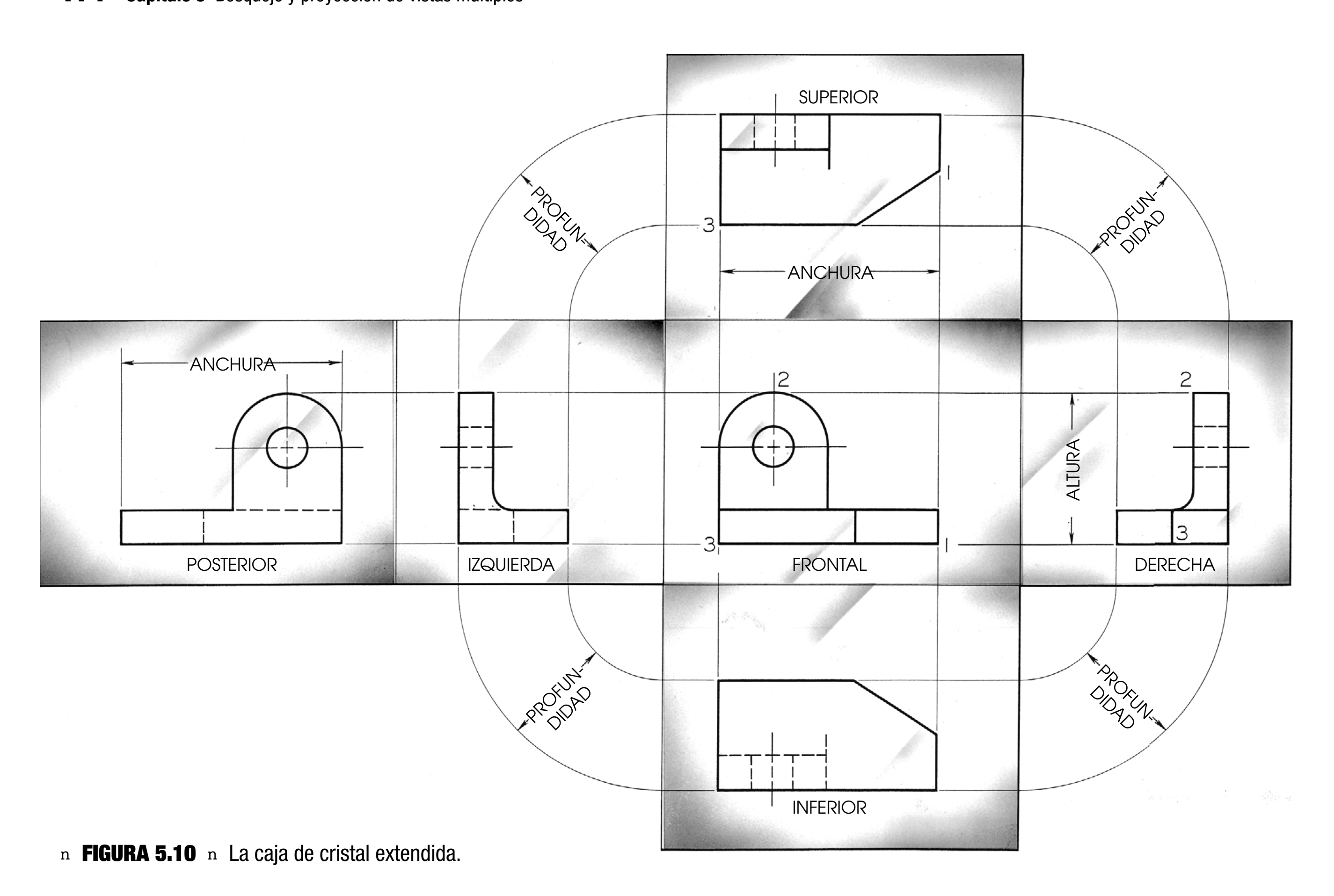
Para organizar las vistas de un objeto tridimensional en una hoja, imagine que los seis planos de la caja de cristal se extienden para formar una superficie plana (figura 5.9). Observe que todos los planos, excepto el trasero, están unidos al plano frontal; el plano trasero está unido al plano lateral izquierdo. Cada plano se dobla hacia atrás a partir de la posición del plano frontal. Las representaciones de las líneas de flexión de la caja de cristal en el dibujo se conocen como líneas de pliegue. La figura 5.10 muestra las posiciones de estos seis planos una vez que se han extendido.

Identifique con cuidado cada uno de estos planos y las vistas correspondientes con la posición original de los planos en la caja de cristal.



Encuentre la caja de cristal en la hoja de trabajo 5.1, dentro de la sección de hojas desprendibles. Siga las instrucciones en la hoja para visualizar la caja de cristal y el concepto de las líneas plegables.

La figura 5.9, hay líneas que se extienden alrededor de la caja de cristal de una vista a otra sobre los planos de proyección. Estas líneas son proyecciones desde un punto en



■ **FIGURA 5.10** ■ La caja de cristal extendida.

una vista hasta el mismo punto en otra. El tamaño y la posición del objeto de la caja de cristal no cambia; esto explica por qué la vista superior tiene la misma anchura que la vista frontal y por qué se encuentra colocada directamente encima de esta última. La misma relación existe entre las vistas frontal e inferior. Por lo tanto, las vistas frontal, superior e inferior se alinean en forma vertical y tienen la misma anchura. Las vistas trasera, izquierda, frontal y derecha se alinean de manera horizontal y tienen la misma altura.

Los objetos no cambian de posición en la caja, por lo que la distancia entre la vista superior y la línea de pliegue OZ debe ser la misma que hay entre la vista derecha y la línea de pliegue OY. La distancia entre las vistas inferior e izquierda y sus líneas de pliegue respectivas es la misma que debe haber entre las vistas derecha y superior y sus respectivas líneas de pliegue. Las vistas superior, derecha, inferior e izquierda están a la misma distancia de sus líneas de pliegue respectivas y muestran la misma profundidad.

Las vistas frontal, superior y derecha del objeto mostradas en las figuras previas se presentan en la figura 5.11a con líneas de pliegue entre sí; dichas líneas de pliegue corresponden a las aristas de la caja de cristal. La línea de pliegue H/F, entre las vistas superior y frontal, es la intersección de los planos horizontal y frontal. La línea de pliegue F/P, entre las vistas frontal y lateral, es la intersección de los planos frontal y de perfil. Aunque es necesario entender el concepto de las líneas de pliegue (en particular porque son útiles al resolver problemas de geometría descriptiva), por lo general éstas se eliminan del dibujo, como lo muestra la figura 5.11b. En lugar de utilizar las líneas de pliegue como líneas de referencia para hacer mediciones de profundidad en las vistas superior y laterales, puede usarse la superficie central A del objeto como línea de referencia. De esta forma, D1, D2 y todas las otras medidas de profundidad son correspondientes en las dos vistas como si se hubieran utilizado líneas plegables.

5.6 ■ ESPACIO ENTRE LAS VISTAS

El espacio entre las vistas es, en esencia, una cuestión de apariencia. Las vistas deben tener espacios entre sí, pero deben estar lo suficientemente cerca para mostrar la relación existente entre ellas. También debe considerarse el espacio necesario para agregar dimensiones.

5.7 ■ TRANSFERENCIA DE DIMENSIONES DE PROFUNDIDAD

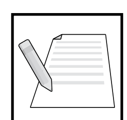
Las dimensiones de profundidad en las vistas superior y lateral deben ser correspondientes de punto a punto. Ya sea que se utilice CAD o instrumentos, estas distancias deben transferirse con precisión total.

■ **FIGURA 5.11** ■ Líneas de pliegue.

■ **FIGURA 5.12** ■ Transferencia de dimensiones de profundidad.

Las dimensiones de las vistas superior y laterales pueden transferirse con un compás de punta fija o un escalímetro (figuras 5.12a y 5.12b). Cuando se trabaja sobre un bosquejo, una opción práctica es marcar las distancias en una tira de papel que se utiliza como escala para transferir las dimensiones a otra vista.

También podría ser conveniente usar una línea a escuadra de 45 grados para proyectar dimensiones entre las vistas superior y laterales (figura 5.12c). Como la línea a escuadra que se dibuja a 45 grados, o X = Y, las profundidades mostradas verticalmente en la vista superior "Y" pueden transferirse para ser mostradas como profundidades horizontales en la vista lateral "X" y viceversa.



Desprenda la hoja de trabajo 5.2 y úsela para practicar la transferencia de dimensiones de profundidad.

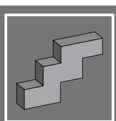
5.8 ■ VISTAS NECESARIAS

Las vistas derecha e izquierda son esencialmente imágenes de espejo entre sí; su única diferencia consiste en las líneas ocultas que hay en cada una de ellas. Las líneas ocultas usan un patrón de línea discontinua para representar partes del objeto que no son visibles de manera directa desde una dirección determinada. No es necesario mostrar ambas vistas, por lo que en general la que se dibuja es la vista derecha. Esto también se aplica para las vistas superior e inferior y para las vistas frontal y trasera. La figura 5.13 presenta las vistas superior, frontal y derecha ordenadas de acuerdo con la norma; éstas se conocen como las tres vistas regulares debido a que son las que se utilizan con mayor frecuencia.

Un bosquejo o dibujo debe contener sólo las vistas necesarias para describir clara y completamente el objeto; esto requiere, como mínimo, las llamadas vistas necesarias. Deben elegirse las vistas que tengan la menor cantidad de líneas ocultas y que muestren los contornos esenciales o las formas con la mayor claridad. Los objetos complicados pueden necesitar más de tres vistas o, incluso, vistas especiales como las llamadas vistas parciales.

Muchos objetos pueden requerir sólo dos vistas para describir con claridad su forma. Si un objeto necesita sólo dos vistas y las vistas izquierda y derecha muestran el objeto igualmente, debe usarse la derecha. Si un objeto requiere sólo dos vistas y las vistas superior e inferior muestran el objeto de la misma manera, se recomienda elegir la vista superior. Si sólo son necesarias dos vistas y las vistas superior y derecha muestran el objeto igual que las demás, debe seleccionarse la combinación que mejor se ajuste al papel. En la figura 5.14 se presentan algunos ejemplos.

Con frecuencia, una sola vista complementada por una nota o algunos textos con símbolos resulta suficiente. Por lo general, los objetos que pueden mostrarse con una sola



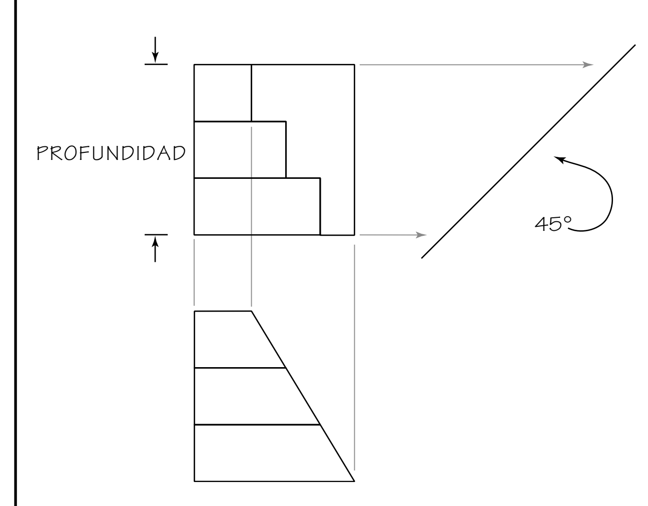
Paso a paso 5.1

Uso de una línea a escuadra

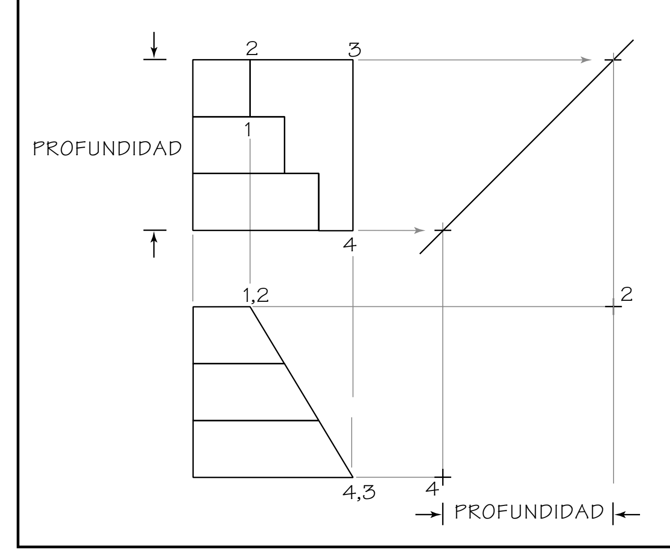
Dadas dos vistas completas puede usarse una línea a escuadra para transferir las profundidades y dibujar la vista lateral del objeto que se muestra a la derecha.



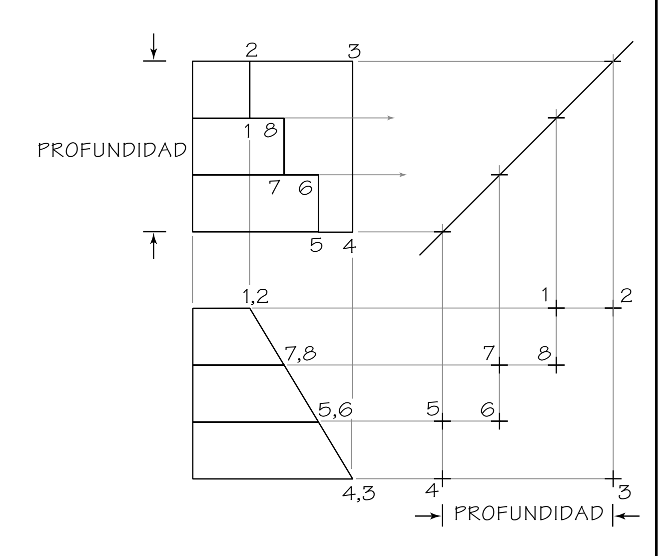
1. Localice la línea a escuadra a una distancia conveniente del objeto para producir el espacio deseado entre las vistas.



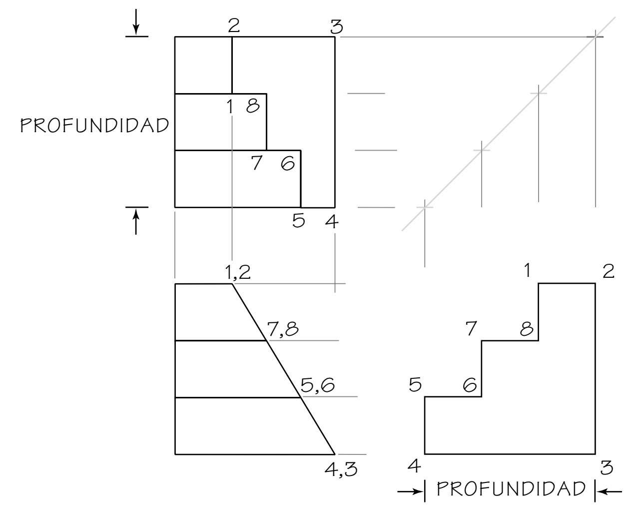
2. Bosqueje líneas ligeras para proyectar las ubicaciones de la profundidad hacia la línea a escuadra y después baje hacia la vista lateral, como se muestra en la figura.



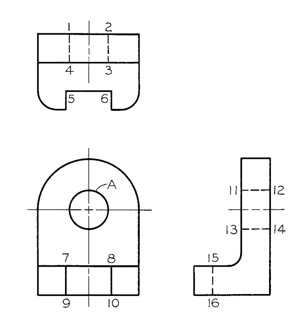
3. Proyecte los puntos restantes.



4. Dibuje una vista donde localice cada vértice de la superficie sobre la línea de proyección y la línea a escuadra.



Para mover la vista derecha a la derecha o izquierda, mueva la vista superior hacia arriba o abajo al llevar la línea a escuadra más cerca o más lejos de la vista. No es necesario dibujar líneas continuas entre las vistas superiores y laterales a través de la línea a escuadra. En lugar de esto, dibuje una línea discontinua a través de la línea a escuadra y realice la proyección a partir de ésta. El método de la línea a 45° también es conveniente para transferir un gran número de puntos, como cuando se grafica una curva.

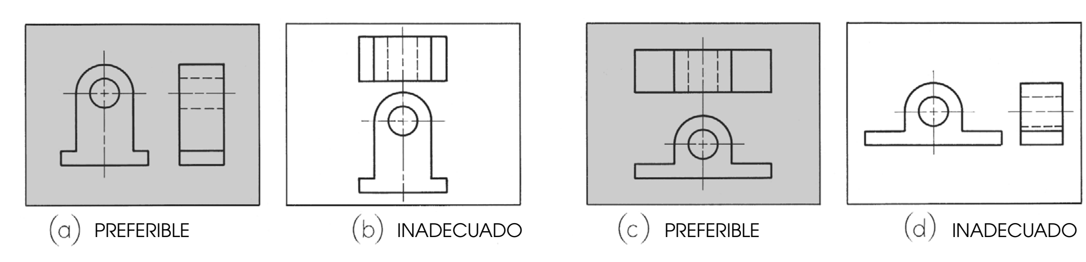


n **FIGURA 5.13** n Las tres vistas regulares.

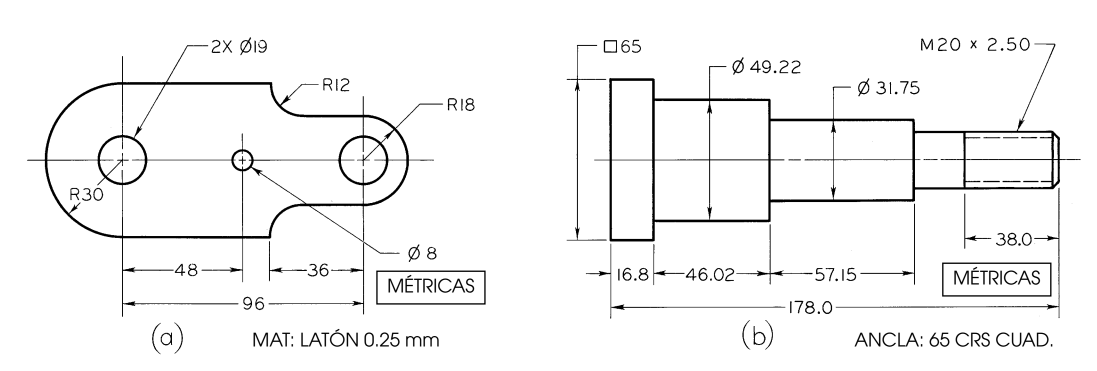
vista tienen un grosor uniforme, como la plancha mostrada en la figura 5.15a. Una vista de la plancha más una nota que indica un grosor de 0.25 mm es suficiente. En la figura 5.15b, el extremo izquierdo es un cuadrado de 65 mm, la siguiente parte tiene un diámetro de 49.22 mm, la que sigue tiene un diámetro de 31.75 mm y la parte con rosca tiene un diámetro de 20 mm, como la nota lo indica. Casi todos los ejes, pernos, tornillos y partes similares se representan por medio de una sola vista y notas adicionales.

5.9 n ORIENTACIÓN DE LA VISTA FRONTAL

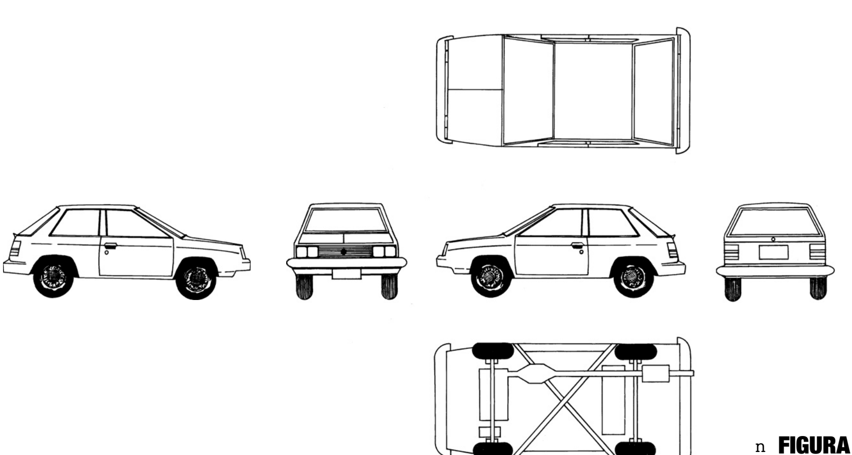
La figura 5.16 presenta seis vistas de un automóvil compacto. En este caso, la vista elegida como frontal es un la-



n **FIGURA 5.14** n Selección de vistas para ajustarse al papel



n **FIGURA 5.15** n Dibujos con una sola vista de una plancha y una varilla de conexión.



n **FIGURA 5.16** n Seis vistas de un automóvil compacto.

1473708 - TUERCA

ORIFICIO DEL ACEITE PARA LUBRICACIÓN DEL CILINDRO

LA BARRA DEBE ESTAR APOYADA DE MODO QUE LA VERIFICACIÓN DEL PESO PARA EL BALANCEO DE OPERACIONES SE HAGA EN LAS LÍNEAS CENTRALES

1482026 BARRA

C

MUESCAS PARA COJINETE.

A B

1480990 – PERNO
1480991 - PERNO
OPCIONAL

ESTAMPADO DEL NÚMERO DE BARRA, AQUÍ COMIENZA CON # 1 AL FRENTE DE LA MÁQUINA

NO. 1481061

CONSULTE 1481074 PARA INFORMACIÓN DEL CONTROL DEL PESO

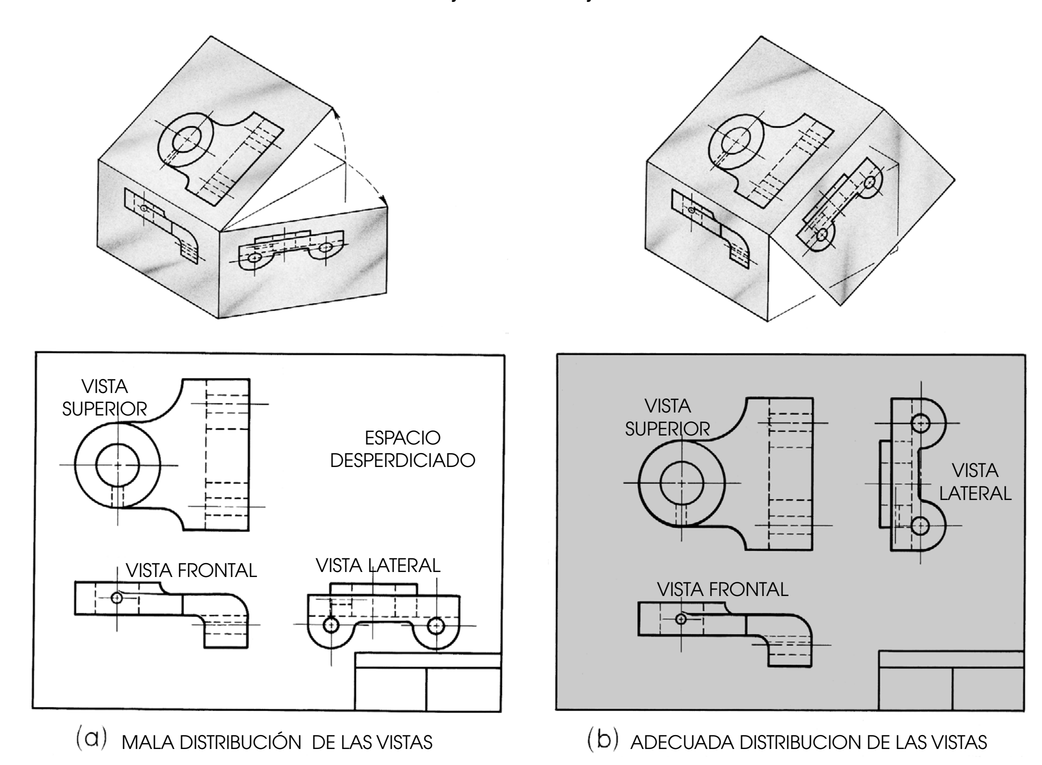
WT. LBS.

FECHA	SIM	REGISTROS DE REVISIÓN	AUTORIDAD	DJ	RV
8-15-95		ENTREGADO			
3-13-96	A	1480956 – PERNO			
		REMOVIDO	R31205		
3-13-96	B	1480990–91–PERNO "Y"			
		"OPCIONAL" AGREGADO	R31205		
3-13-96	C	142026 – PERNO			
		WAS 1480994	R31205		

NO ESCALAR.
.010 DE CADA FORMA PUEDEN PERMITIRSE EN DIMENSIONES NO ESPECIFICADAS DE OTRA MANERA.
TOLERANCIA PERMITIDA — F_1 = .02 F_2 = .04 F_3 = .06 ETC.

FECHA DE DIBUJO 7-19-96
DIBUJANTE R. EBERLINE
ESCALA: COMPLETA
REVISOR
REFERENCIA 1468288
APROBADO POR
APROBADO POR R. W. Johnson
APROBADO POR
ESP. MATERIAL
NOMBRE DIBUJO INFORMATIVO DE LA BARRA DE CONEXIÓN
PARTE NO 1481061 B

■ **FIGURA 5.17** ■ Dibujo de ensamblaje de una barra de conexión.



■ **FIGURA 5.18** ■ Posición de la vista lateral.

do, no el frente, del automóvil. En general, la vista frontal muestra al objeto en su posición operativa, en particular para objetos familiares como una casa o un automóvil. Cuando es posible, una parte de máquina se dibuja en la posición que ésta ocupe en el ensamble. Por lo general, tornillos, pernos, ejes, tuberías y otras partes alargadas se dibujan en una posición horizontal. Por ejemplo, la barra de conexión de un automóvil que se muestra en la figura 5.17 se dibuja de manera horizontal en la hoja.

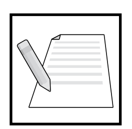
5.10 n POSICIONES ALTERNAS DE LAS VISTAS

Si se dibujan tres vistas de un objeto ancho y plano de acuerdo con el orden convencional de las vistas, puede ser que una gran parte del papel quede sin usarse (figura 5.18a). En ocasiones, el uso óptimo del espacio disponible hace que la utilización de una escala reducida sea innecesaria. En este caso se puede pensar en el plano de perfil (vista lateral) unido al plano horizontal (vista superior) en lugar del plano frontal (vista frontal), de forma que la vista lateral se coloque a un lado de la vista superior al extender el dibujo (figura 5.18b). Observe que la vista lateral está girada 90 grados respecto a su orientación cuando se coloca en posición normal.

Como una ayuda a la visualización de este nuevo arreglo, puede usar la caja de papel cortada con anterioridad. Separe las vistas entre los planos frontal y lateral, y una la caja de forma que el plano lateral esté unido al plano superior. Doble la caja y visualice cómo se vería un objeto colocado dentro de ella. Después extienda la caja de nuevo. Observe que ahora es posible proyectar la dimensión de profundidad desde la vista superior a la vista lateral.

Si fuera necesario se acepta la colocación de la vista lateral en forma horizontal respecto a la vista inferior. En este caso, se considera que el plano de perfil está unido al plano inferior de la proyección. De manera similar, la vista trasera puede colocarse directamente sobre la vista superior o debajo de la vista inferior, si es necesario. Se considera que el plano trasero está unido a los planos horizontal o inferior y después se rotan para coincidir con el plano frontal. Pruebe estos procedimientos mediante el uso de su caja de papel.

El software de CAD puede usarse para generar vistas directamente de un modelo tridimensional, como la figura 5.19 lo ilustra. Debe usarse el orden estándar de las vistas; no deberá reordenar las vistas del dibujo de CAD para ajustarse mejor a la hoja, a menos que se sigan las prácticas descritas con anterioridad.



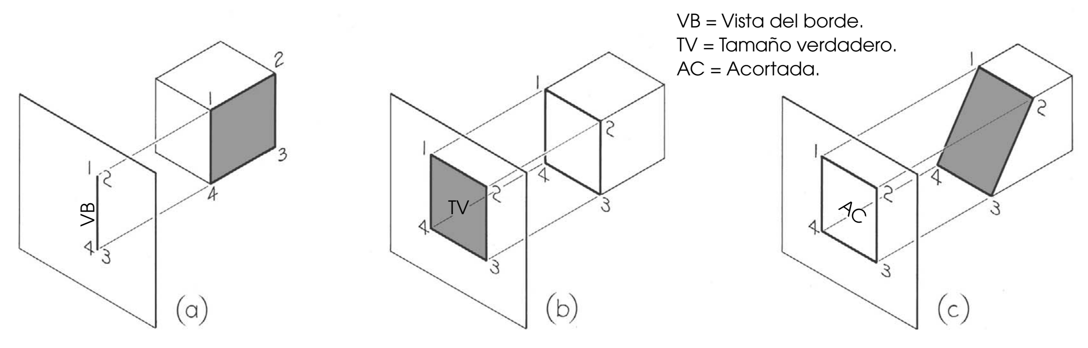
Desprenda la hoja de trabajo 5.3 y úsela para practicar la creación de bocetos en un dibujo de vistas múltiples.

5.11 n VISUALIZACIÓN

La comprensión básica del sistema para proyectar vistas debe ir acompañada por la capacidad de interpretar las vistas múltiples y visualizar el objeto mostrado. El dibujo técnico representa una habilidad indispensable para ayudar a capturar y comunicar las ideas de un diseñador, pero también es la forma para que otros le presenten sus ideas.

Al observar un bosquejo con vistas múltiples, incluso ingenieros y diseñadores experimentados no pueden visualizar el objeto representado de forma inmediata. Es necesario aprender a estudiar el bosquejo e interpretar las líneas de una manera lógica con el fin de unirlas y obtener una idea clara de lo que representa el todo. Algunas veces, este proceso es llamado visualización.

n **FIGURA 5.19** n Dibujo con vistas múltiples generado por computadora.
Cortesía de SolidWorks Corporation.



■ **FIGURA 5.20** ■ Proyecciones de superficies.

5.12 ■ SUPERFICIES, BORDES Y ESQUINAS

Para crear e interpretar de manera eficaz proyecciones con vistas múltiples, deben considerarse los elementos que conforman a la mayoría de los sólidos. Las ***superficies*** forman las fronteras de los objetos sólidos. Una superficie ***plana*** puede estar delimitada por líneas rectas, curvas o una combinación de éstas.

5.13 ■ VISTAS DE LAS SUPERFICIES

Cuando una superficie plana es perpendicular a un plano de proyección, su borde aparece como una línea recta (figura 5.20a). Si es paralela al plano de proyección, aparece en su tamaño verdadero (figura 5.20b); si está angulada respecto al plano de proyección, parecerá estar acortada o más pequeña de lo que en realidad es (figura 5.20c). En cualquier vista, una superficie plana siempre se proyecta sobre un borde (donde aparece como una línea recta) o como una superficie (donde se muestra su forma característica). Puede aparecer acortada, pero nunca puede aparentar ser más grande de lo que en realidad sea.

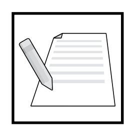
Existen términos especiales para describir la orientación de una superficie respecto al plano de proyección. Las tres orientaciones que puede tener una superficie plana respecto al plano de proyección son normal, inclinada y oblicua. La comprensión de estos términos puede ayudar a visualizar y describir objetos.

5.14 ■ SUPERFICIES NORMALES

Una ***superficie normal*** es paralela a un plano de proyección, aparece en su forma y tamaño verdaderos sobre el plano al que es paralela, y como una línea vertical u horizontal sobre los planos de proyección adyacentes. La figura 5.21 muestra una ilustración de las superficies normales.

5.15 ■ SUPERFICIES INCLINADAS

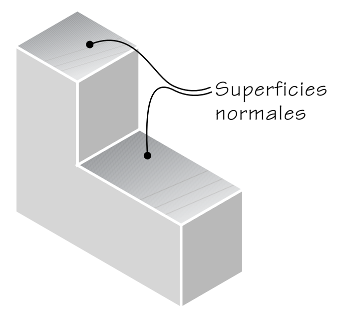
Una ***superficie inclinada*** es perpendicular a un plano de proyección, pero inclinada respecto a los planos adyacentes. Una superficie inclinada se proyecta sobre su borde en los planos a los que es perpendicular y aparece acortada sobre los planos respecto a los cuales está inclinada. La figura 5.22 muestra una superficie de este tipo. El grado de acortamiento es proporcional a la inclinación. Aunque la superficie no aparezca con su tamaño verdadero en ninguna vista, tendrá la misma forma característica y el mismo número de bordes en todas las vistas donde se observe su forma.



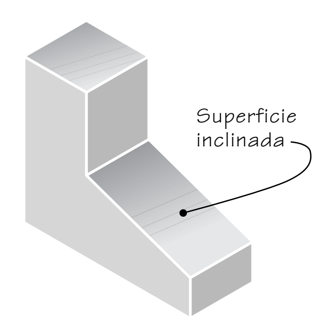
Desprenda la hoja de trabajo 5.4 y úsela para practicar la proyección de dibujos en un plano inclinado.



Practique la identificación de superficies normales en dibujos de CAD. En los sitios Web que se mencionan a continuación es posible bajar vistas ortogonales de objetos que muestran muchas superficies normales.
http://www.constructionsite.come/harlen/8001-81.htm.
http:/www./user.mc.net/hawk/cad.htm.



■ **FIGURA 5.21** ■ Superficies normales.



■ **FIGURA 5.22** ■ Superficie inclinada.

5.16 ■ SUPERFICIES OBLICUAS

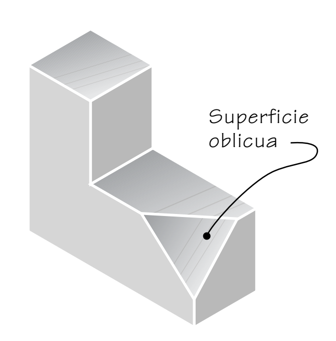
Una superficie oblicua está inclinada respecto a todos los planos de proyección principales. Como no es perpendicular a ningún plano de proyección, no puede aparecer sobre un borde en ninguna vista estándar. Debido a que no es paralela a ningún plano de proyección, no puede aparecer a su tamaño normal en ninguna de las tres vistas estándar, sino que siempre se ve como una superficie acortada. La figura 5.23 muestra una superficie oblicua.

5.17 ■ BORDES

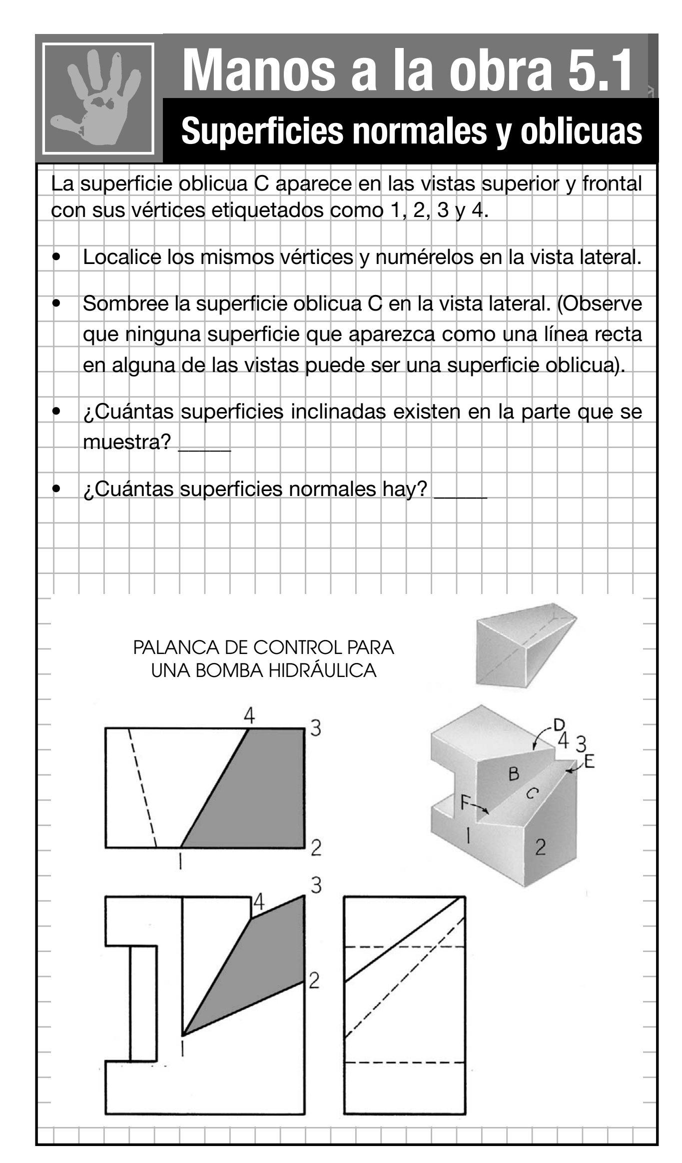
La intersección de dos superficies planas de un objeto produce un ***borde***, el cual se representa en el dibujo mediante una línea recta. El borde es común a ambas superficies y forma una de las fronteras de cada una de ellas. Si un borde es perpendicular a un plano de proyección, éste aparece como un punto; en otro caso aparece como una línea. Si un borde es paralelo al plano de proyección, éste presenta su longitud verdadera; si no es paralelo, entonces aparece acortado. Una línea recta siempre se proyecta como una línea recta o un punto. Los términos *normal*, *inclinado* y *oblicuo* también se usan para describir la relación de los bordes con los planos de proyección.

5.18 ■ BORDES NORMALES

Un ***borde normal*** es perpendicular a un plano de proyección, aparece como un punto sobre dicho plano y como una línea con su longitud verdadera sobre los planos de proyección adyacentes. La figura 5.24 muestra bordes normales y sus proyecciones.



■ **FIGURA 5.23** ■ Superficie oblicua.

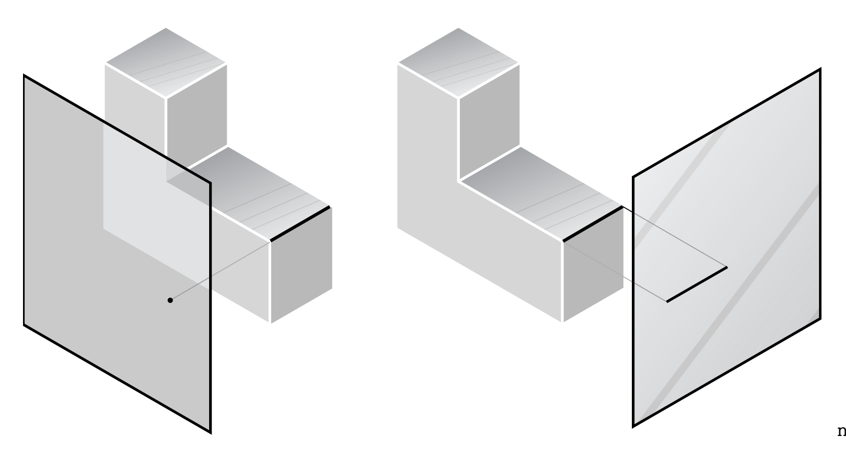


Manos a la obra 5.1

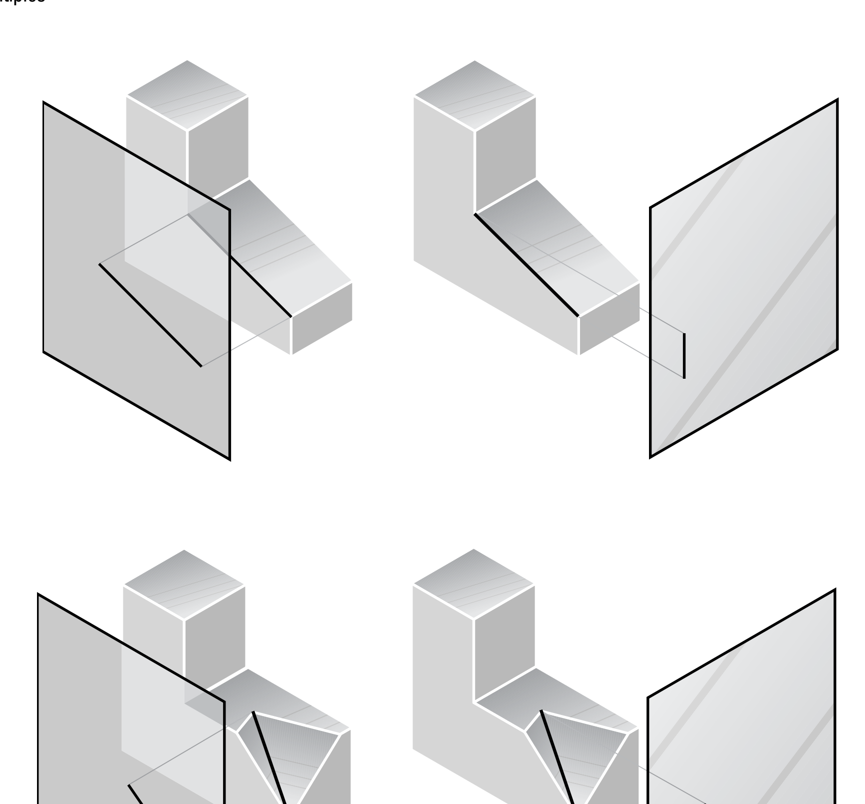
Superficies normales y oblicuas

La superficie oblicua C aparece en las vistas superior y frontal con sus vértices etiquetados como 1, 2, 3 y 4.

- Localice los mismos vértices y numérelos en la vista lateral.
- Sombree la superficie oblicua C en la vista lateral. (Observe que ninguna superficie que aparezca como una línea recta en alguna de las vistas puede ser una superficie oblicua).
- ¿Cuántas superficies inclinadas existen en la parte que se muestra? _____
- ¿Cuántas superficies normales hay? _____



■ **FIGURA 5.24** ■ Proyecciones de un borde normal.



n **FIGURA 5.25** n Proyecciones de un borde inclinado.

n **FIGURA 5.26** n Proyecciones de un borde oblicuo.

5.19 n BORDES INCLINADOS

Un ***borde inclinado*** es paralelo a un plano de proyección pero inclinado respecto a los planos adyacentes. Aparece como una línea con longitud verdadera sobre el plano al que es paralelo y como una línea acortada en los planos adyacentes. La vista de longitud verdadera de una línea inclinada siempre aparenta ser una línea angulada y las vistas acortadas aparecen como líneas verticales u horizontales. La figura 5.25 muestra un borde inclinado proyectado.

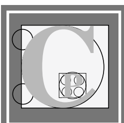
5.20 n BORDES OBLICUOS

Un ***borde oblicuo*** está inclinado respecto a todos los planos de proyección. Como no es perpendicular a ningún plano de proyección, no puede aparecer como punto en ninguna de las vistas estándar. Como no es paralelo a ningún plano de proyección, no puede aparecer con su longitud verdadera en ninguna de las vistas estándar. Un borde oblicuo aparece como una línea acortada y angulada en todas las vistas. La figura 5.26 muestra un borde oblicuo proyectado.

5.21 n ÁNGULOS

Si un ángulo está en un plano normal —(si es paralelo a un plano de proyección)— se presentará en su tamaño verdadero sobre el plano de proyección al cual es paralelo, como la figura 5.27 lo muestra. Si el ángulo está en un plano inclinado, puede proyectarse más grande o más pequeño de lo que en realidad es, dependiendo de su posición. En la figura 5.27b, el ángulo de 45 grados se muestra agrandado en la vista frontal, mientras que en la figura 5.27c el ángulo de 60 grados se muestra reducido en ambas vistas.

Un ángulo de 90 grados se proyectara en su tamaño verdadero aun si se encuentra en un plano inclinado, siempre y cuando uno de los brazos del ángulo sea una línea contínua. En la figura 5.27d el ángulo de 60 grados se proyecta agrandado y el ángulo de 30 grados se proyecta reducido. Compruebe estas afirmaciones: utilice sus propias escuadras de 30 x 60 grados como modelo o use la esquina de 90 grados de una hoja de papel. Incline la escuadra o el papel para obtener una vista oblicua.



Consejo práctico

Planos paralelos

Las líneas paralelas en el espacio se proyectan como líneas paralelas, a menos que estén en el mismo plano y coincidan para aparecer como una sola línea.

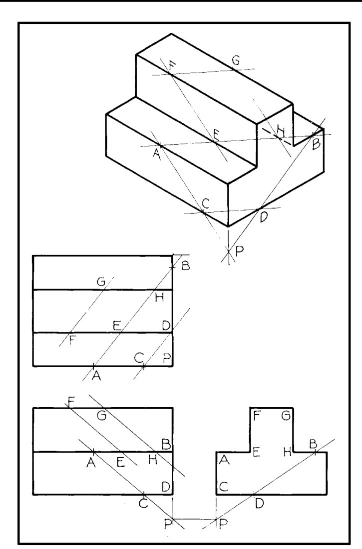
Las figuras a la derecha muestran tres vistas de un objeto después de que éste ha sido cortado por un plano a través de los puntos A, B y C.

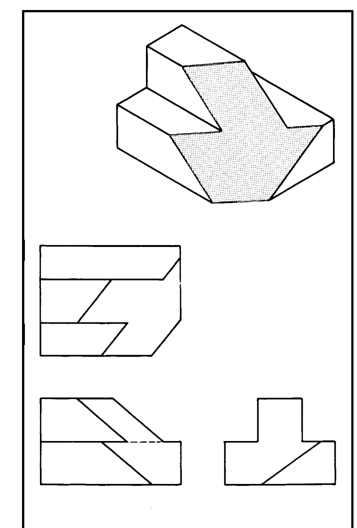
Se unen sólo los puntos que pertenecen al mismo plano.

En la vista frontal, se unirían los puntos A y C, que están en el mismo plano, al extender la línea hasta P sobre el borde frontal vertical del bloque.

En la vista lateral se unirían P y B, y en la vista superior B y A.

Las líneas restantes se dibujan paralelas a las líneas AP, PB y BA.

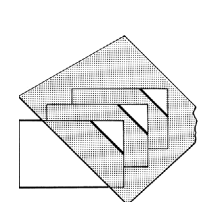




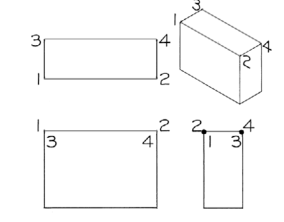
A la derecha se muestra otro ejemplo que ilustra líneas paralelas intersecadas por un plano. Las vistas paralelas muestran que cuando dos líneas son paralelas en el espacio, sus proyecciones son paralelas.

En la figura b, el plano superior del objeto interseca a los planos frontal y trasero, para crear bordes paralelos 1-2 y 3-4.

Éste es un ejemplo del caso especial en el que las dos líneas aparecen como puntos en una vista y coinciden como una sola línea en otra de las vistas. Como éste es un caso especial, no debe considerarse como una excepción a la regla.

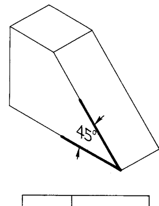


Planos paralelos intersecados por otro plano
(a)

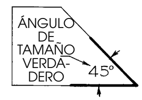


Líneas 1-2 y 3-4 paralelas entre sí y paralelas al plano horizontal
(b)

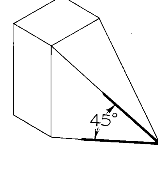
n **FIGURA 5.27** n Ángulos.

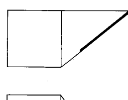


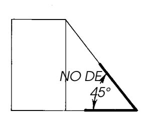




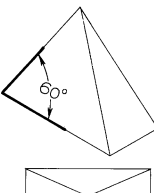
(a) ÁNGULO EN UN PLANO NORMAL

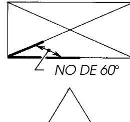






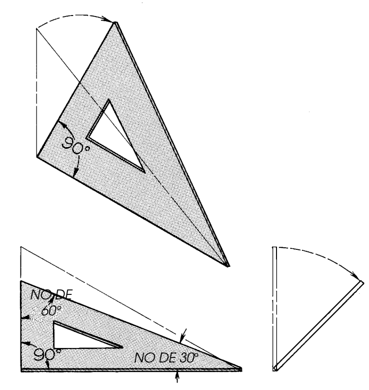
(b) ÁNGULO EN UN PLANO INCLINADO



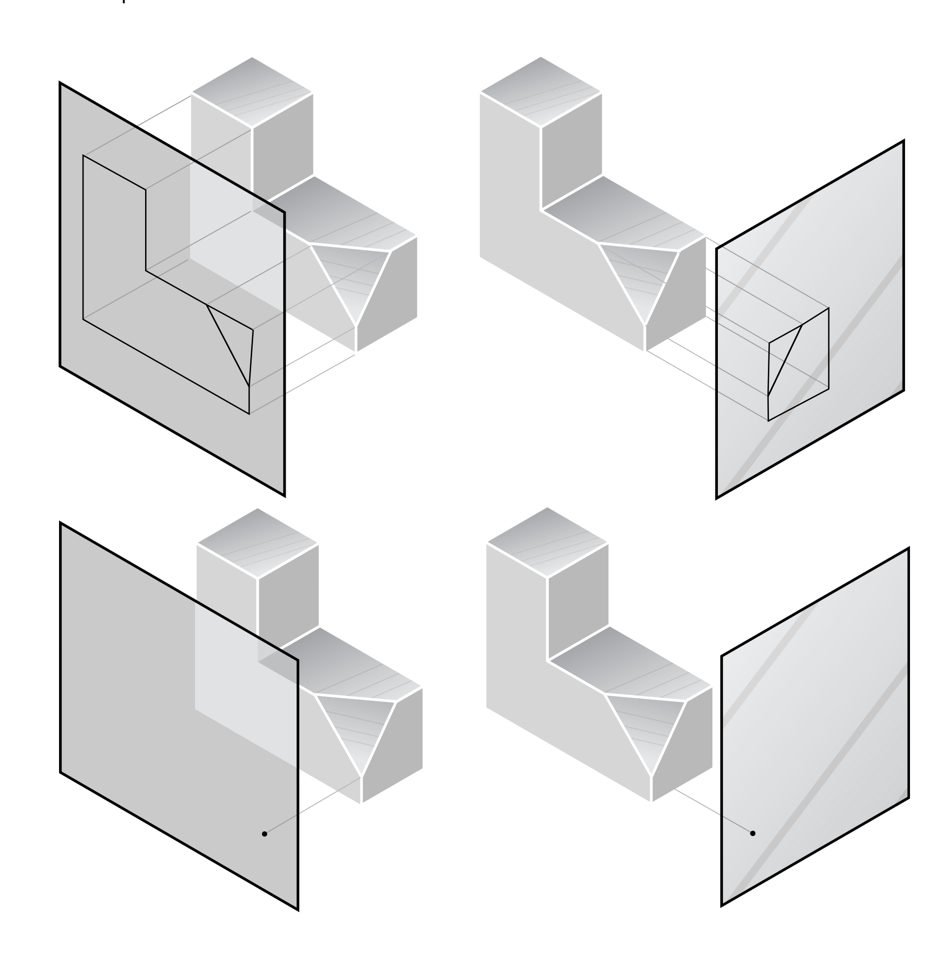




(c) ÁNGULO EN UN PLANO INCLINADO



(d) PROYECCIONES DE LOS ÁNGULOS DE UNA ESCUADRA DE 30° X 60°



n **FIGURA 5.28** n Vistas de un punto.

5.22 n VÉRTICES

Una esquina o punto es la intersección común de tres o más superficies. Un punto aparece como tal en todas las vistas. En la figura 5.28 se muestra un punto perteneciente a un objeto.

5.23 n SIGNIFICADO DE LOS PUNTOS

Un punto ubicado en un bosquejo puede representar dos cosas en el objeto:

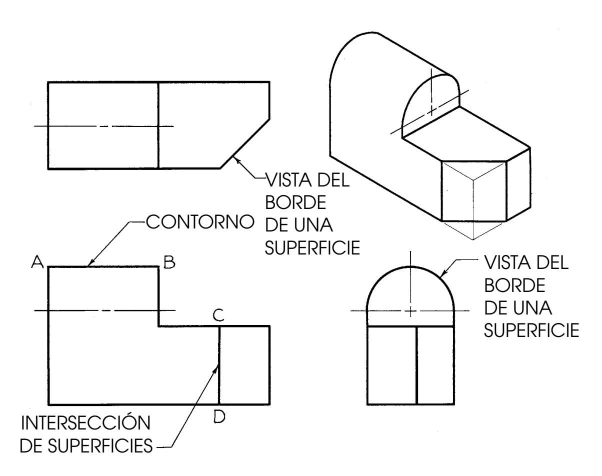
- Un vértice
- La vista de un borde (dos vértices alineados, uno directamente detrás del otro).

5.24 n SIGNIFICADO DE LAS LÍNEAS

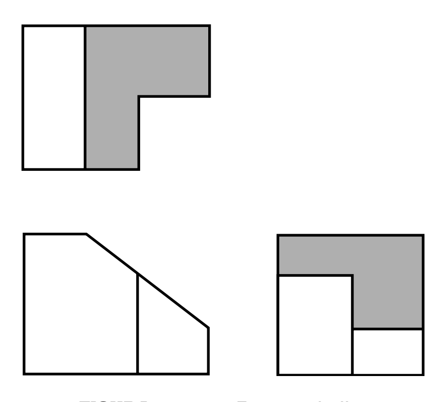
Una línea recta visible u oculta en un bosquejo tiene tres posibles significados, los cuales ilustra la figura 5.29:

- Un borde (intersección) entre dos superficies.
- La vista del borde de una superficie.
- El elemento limitante de una superficie curva.

Como en un dibujo de trabajo no se utilizan sombreados, es necesario examinar todas las vistas para determinar el significado de las líneas. Por ejemplo, en la figura 5.29 se podría pensar que la línea AB en la parte alta de la vista frontal es la vista del borde de una superficie plana si sólo se pudieran ver las vistas frontal y superior. Cuando se observa la vista lateral izquierda, puede observarse que en realidad se trata de una superficie curva que se encuentra en la parte superior del objeto. De manera similar, si sólo se consideraran las vistas frontal y laterales, se podría pensar que la línea vertical CD en la vista frontal sería la vista del borde de una superficie plana; sin embargo, un examen de la vista superior revela que en realidad la línea representa la intersección de una superficie inclinada.



■ **FIGURA 5.29** ■ Significado de las líneas.



■ **FIGURA 5.30** ■ Formas similares.

5.25 ■ FORMAS SIMILARES DE SUPERFICIES

Si una superficie plana se ve desde varias posiciones diferentes, cada una mostrará el mismo número de lados y una forma similar. Esta repetición de formas es útil al analizar vistas. Por ejemplo, la superficie en forma de L mostrada en la figura 5.30 aparece con forma de L en todas las vistas donde no aparece como una línea. Una superficie hexagonal, una con forma de T y otra con forma de U tendrán, en cada caso, el mismo número de lados y vértices y la misma forma simétrica, siempre y cuando aparezcan como superficies y no como líneas.

5.26 ■ INTERPRETACIÓN DE VISTAS

Un método para la interpretación de bosquejos consiste en el proceso mental empleado para proyectarlos. La figura 5.31a muestra las vistas de una ménsula en ángulo.

Manos a la obra 5.2

Vistas adyacentes

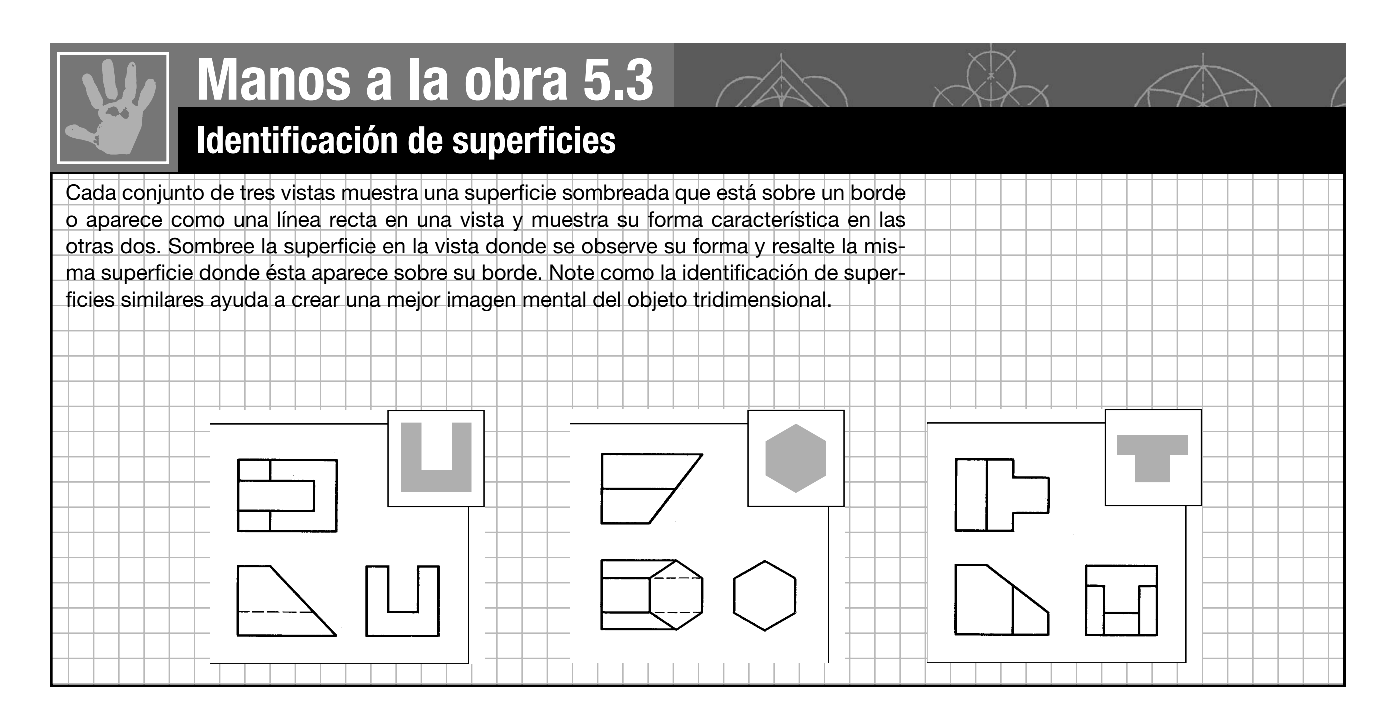
En la vista superior que se muestra, las líneas dividen la vista en tres áreas adyacentes. Ningún par de áreas adyacentes pertenecen al mismo plano porque cada línea representa un borde (o intersección) entre las superficies. Aunque cada área representa una superficie en un nivel distinto, no puede decirse cuál de las superficies A, B o C es la más alta o cuál es su forma hasta no analizar las otras vistas necesarias del objeto.

A B C Vista superior

Este mismo razonamiento se aplica a las áreas adyacentes de cualquier vista dada. Como un área o superficie de una vista puede interpretarse de formas diferentes, son necesarias otras vistas para determinar cuál interpretación es la correcta.

A continuación se muestran diferentes formas que pudiera tener el objeto que representa la vista superior anterior. Relacione cada una de las descripciones con la forma correspondiente. En una hoja aparte, elabore un bosquejo burdo de la vista frontal para cada descripción. Bosqueje otras dos posibles interpretaciones de la vista superior anterior y escriba sus descripciones:

- La superficie B es la más alta y tanto C como A son más bajas.
- Una o más superficies son cilíndricas.
- Una o más superficies están inclinadas.
- La superficie A es la más alta y tanto B como C son más bajas.
- La superficie A es la más alta y B es más baja que C.



Manos a la obra 5.3

Identificación de superficies

Cada conjunto de tres vistas muestra una superficie sombreada que está sobre un borde o aparece como una línea recta en una vista y muestra su forma característica en las otras dos. Sombree la superficie en la vista donde se observe su forma y resalte la misma superficie donde ésta aparece sobre su borde. Note como la identificación de superficies similares ayuda a crear una mejor imagen mental del objeto tridimensional.

La vista frontal (figura 5.31I), presenta la forma en L del objeto, su altura, anchura, y el grosor de sus elementos. El significado de las líneas ocultas aún no está claro, y no se sabe la profundidad del objeto.

La vista superior (figura 5.31II), muestra que el miembro horizontal está redondeado en el extremo derecho y que tiene un orificio redondo. En el extremo izquierdo se indica algún tipo de muesca o ranura. Se muestra la anchura y la profundidad del objeto.

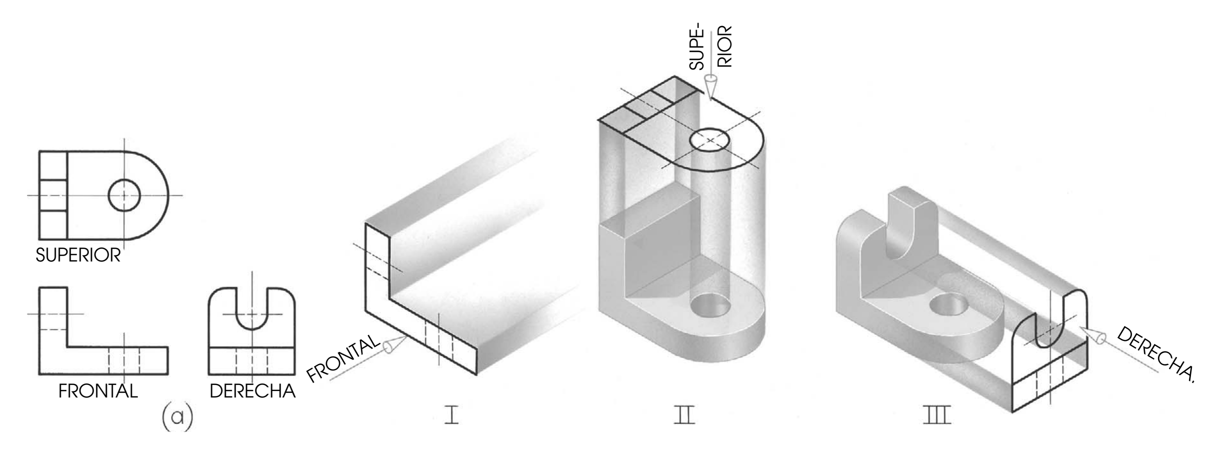
La vista derecha (figura 5.31III), muestra que el extremo izquierdo del objeto tiene esquinas redondeadas en su parte superior y una muesca abierta en posición vertical. Se muestran la altura y la profundidad el objeto.

En la figura 5.31 cada vista proporciona cierta información definida en relación con la forma del objeto, y todas son necesarias para visualizar el objeto por completo.

5.27 ■ MODELOS

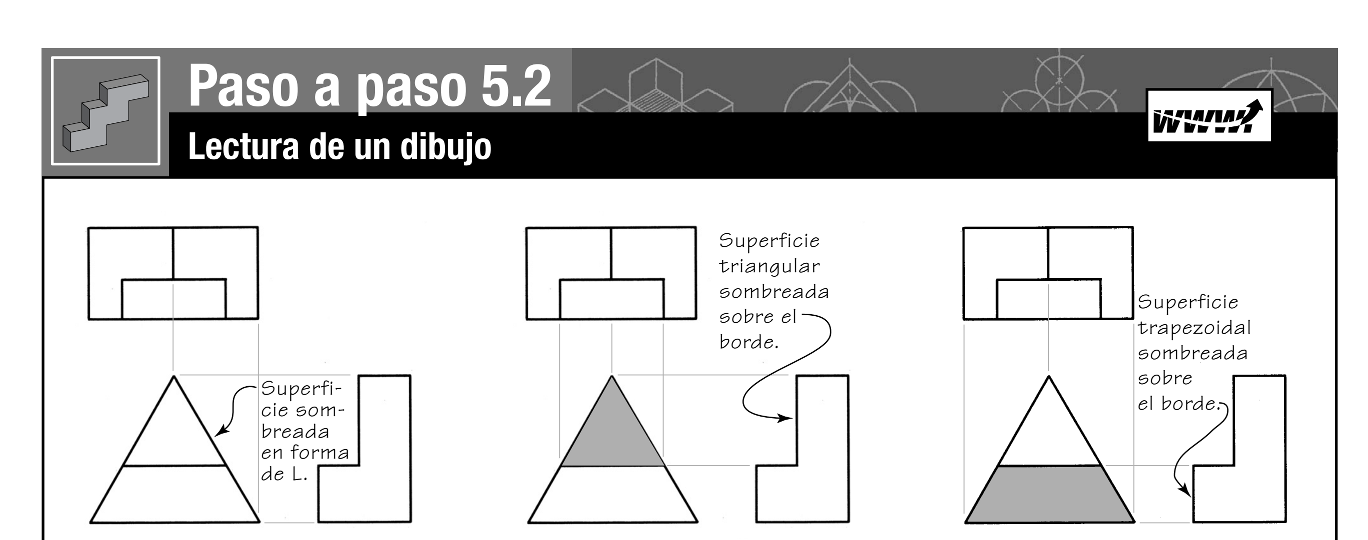
Una de las mejores ayudas para la visualización es un modelo sólido real del objeto. No es necesario que los modelos sean exactos o a escala; pueden estar hechos de cualquier material conveniente como barro, jabón, madera, espuma modeladora o cualquier otro que pueda ser moldeado, esculpido o cortado con facilidad. La figura 5.32 muestra algunos ejemplos de modelos en jabón.

■ **FIGURA 5.31** ■ Visualización a partir de las vistas dadas.



Paso a paso 5.2

Lectura de un dibujo



1. Visualice el objeto mostrado por las tres vistas. Como no hay líneas curvas, se sabe que el objeto está formado por superficies planas.

   La superficie sombreada en la vista superior tiene forma de L y posee seis lados. Como su forma no se observa en la vista frontal (y todas las superficies aparecen ya sea con su forma o como una línea) debe mostrarse sobre su borde como una línea. Esta línea que se indica en la vista frontal también está alineada con los vértices de la superficie en forma de L.

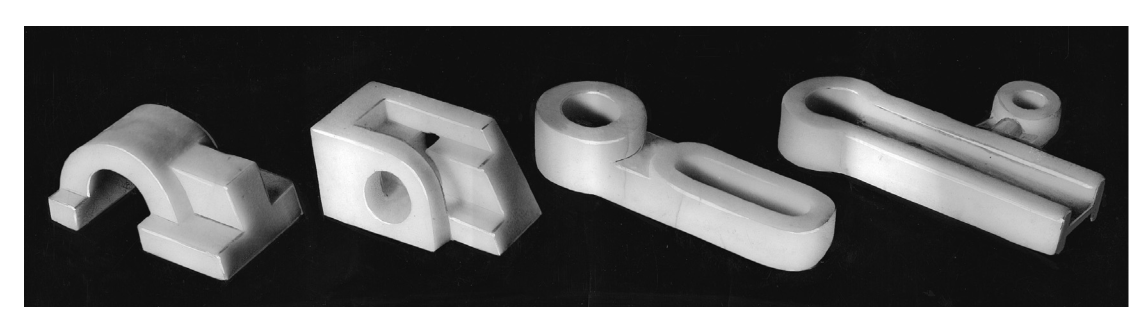
   Como su forma se observa en la vista superior y se ve en un ángulo inclinado en la vista frontal, debe ser una superficie inclinada en el objeto. Esto significa que también mostrará su forma acortada en la vista lateral, donde aparece con seis lados y con forma de L. Por lo tanto la superficie que se muestra en la vista lateral derecha debe ser la misma que se sombreó en la vista superior.

2. En la vista frontal se observa la parte superior del objeto como una superficie con forma triangular, pero en las vistas superior y lateral no hay formas triangulares, por lo que debe aparecer como una línea en ambas vistas. Bosqueje líneas de proyección desde los vértices de la superficie donde vea su forma. La misma superficie en las otras vistas debe alinearse a lo largo de las líneas de proyección. En la vista lateral la superficie debe estar en la línea indicada, lo que puede ayudar a identificarla como la línea horizontal en la parte media de la vista superior.

3. La superficie con forma trapezoidal sombreada en la vista frontal es fácil de identificar, pero no existen trapezoides en las vistas superior y lateral. De nuevo la superficie debe estar sobre su borde en las vistas adyacentes.

4. Identifique las superficies restantes, para ello utilice el mismo razonamiento. ¿Cuáles superficies están inclinadas? ¿Cuáles son normales? ¿Existe alguna superficie oblicua?

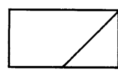

■ **FIGURA 5.32** ■ Modelos de jabón.





Siga los pasos descritos a continuación para hacer un modelo de jabón o barro a partir de las vistas proyectadas:

1. Observe las tres vistas del objeto. Haga el bloque de barro o jabón con las mismas dimensiones principales (altura, anchura y profundidad) de las vistas.

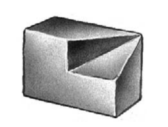




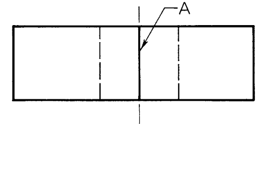
2. Marque las líneas de la superficie frontal de su bloque de barro de acuerdo con las que se muestran en la vista frontal del dibujo. Después haga lo mismo para las vistas superior y derecha.

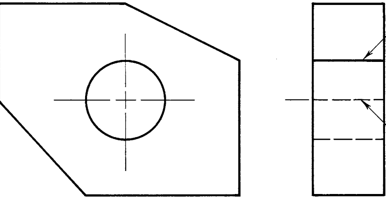


3. Corte en forma recta a lo largo de cada línea marcada en el bloque de barro o jabón para obtener un modelo tridimensional que represente las vistas proyectadas.



n **FIGURA 5.33** n Precedencia de las líneas.





5.28 n PROYECCIÓN DE UNA TERCERA VISTA

Por lo general, durante el proceso de diseño de un producto o sistema se tiene una buena imagen mental de cómo lucirá el objeto que se bosqueja visto desde diferentes direcciones. Sin embargo, la capacidad de proyectar una tercera vista puede ser útil por dos razones: Primero es que las vistas deben mostrarse alineadas y proyectarse de manera correcta en el dibujo; y segundo es que en la práctica al proyectarse una tercera vista a partir de dos vistas dadas es un modo excelente de desarrollar las capacidades visuales.

Una forma de facilitar la proyección de una tercera vista consiste en numerar los vértices del objeto. Los puntos numerados en el dibujo representan puntos en el objeto donde se unen tres o más superficies para formar un vértice (algunas veces también representan un punto sobre un contorno o el centro de una curva).

Una vez que se ha localizado un punto en dos de las vistas de un dibujo se puede ubicar la tercera. En otras palabras, si un punto se localiza en las vistas frontal y superior, su localización en la vista lateral se define proyectando la altura del punto en la caja de cristal a partir de la vista frontal y la profundidad del punto en la caja de cristal a partir de la vista superior.

Para poder numerar los puntos o vértices del objeto y mostrar estos números en vistas diferentes, es necesario tener la capacidad de identificar las superficies en el objeto para después proyectar (o encontrar) los puntos en cada nueva vista, superficie por superficie. Pueden usarse los conocimientos adquiridos sobre bordes y superficies para identificar los elementos del objeto mientras se realiza el dibujo de las vistas. Lo anterior es de gran utilidad para interpretar dibujos hechos por otras personas, así como para proyectar en forma correcta los propios.

5.29 n PRESENTACIÓN DE OTRAS CARACTERÍSTICAS

Hasta aquí, en este capítulo se ha presentado información sobre cómo proyectar e interpretar superficies planas. Ahora es el momento de representar superficies ocultas a la dirección de la mirada y superficies con forma curveada.

PRECEDENCIA DE LAS LÍNEAS. Con frecuencia, las líneas visibles, ocultas y centrales (estas últimas muestran el eje de simetría de formas redondeadas como los orificios) coinciden en los dibujos y debe decidirse cuál línea debe mostrarse. Una línea visible siempre tiene precedencia y cubre a las líneas ocultas o centrales cuando éstas están traslapadas en una vista (casos A y B de la figura 5.33); una línea oculta toma precedencia sobre una línea central (C). En A y C los extremos de la línea central se presentan separados de la vista por pequeños espacios, pero la línea central puede eliminarse por completo.

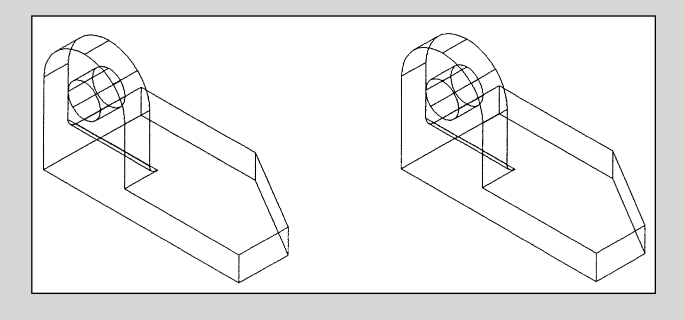
Nota sobre Gráficos

Proyección de vistas múltiples a partir de un modelo tridimensional

Visualización tridimensional

La observación de un objeto tridimensional es un proceso complejo. Sin embargo, en la vida diaria ni siquiera es necesario pensar en él; debido a que el cerebro es muy eficaz al organizar e interpretar información en tres dimensiones.

Cuando se crea un modelo tridimensional por medio de un sistema CAD es posible controlar algunos comandos que determinan: la distancia del observador (aplicando el comando zoom), la dirección o ángulo desde donde se observa, la intensidad de brillo del objeto, etcétera. Algunas veces, la creación de una vista específica puede resultar difícil: por lo general, no se tiene la costumbre de dar instrucciones específicas acerca de cómo observar los objetos cotidianos; sólo se hacen los movimientos necesarios para cambiar el punto de vista.

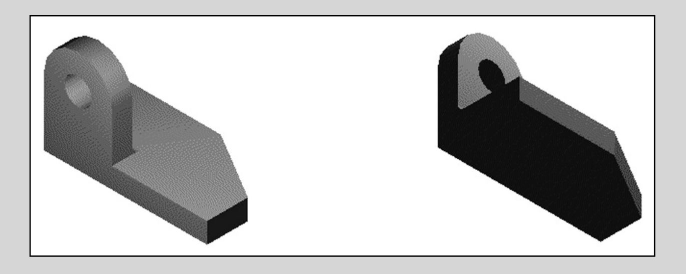


(A)

Algunos sistemas CAD muestran el objeto en un arreglo estándar de vistas para un dibujo de ingeniería. En otros, es necesario controlar todos los factores: la distancia desde el objeto (o zoom), el ángulo de la vista, el brillo y dónde se coloca cada vista en el monitor. Otros sistemas CAD permiten que el usuario elija entre algunos arreglos estándar y controle las vistas por sí mismo.

Vistas de estructura de alambre

La mayoría de sistemas CAD tridimensionales trazan el objeto en pantalla como el dibujo de una estructura de alambre. Se les llama así porque las intersecciones de las superficies, círculos y arcos en la pantalla tienen la apariencia de una escultura hecha de alambres. Puede resultar muy difícil decir si se está viendo un modelo de estructura de alambre desde arriba o desde abajo. La figura A muestra ejemplos de dos dibujos de estructura de alambre. Parecen representar lo mismo, pero en realidad son dos modelos diferentes vistos desde dos diferentes direcciones. ¿Cuál es la diferencia entre ellos?



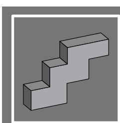
(B)

Cuando se elabora un modelo tridimensional en una computadora, sólo pueden observarse vistas bidimensionales del objeto porque la pantalla es plana. Es necesario interpretar muchas vistas del objeto para entender el modelo tridimensional, de la misma forma que se hace con los dibujos en papel. Afortunadamente, la mayoría de los sistemas de CAD tridimensionales pueden facilitar el proceso al permitir el sombreado de las vistas del objeto en pantalla para obtener una mejor visión.

La figura B muestra los mismos dos modelos anteriores, de manera que se puede interpretar con facilidad la dirección de las vistas. Como ahora puede afirmarse, el modelo de la derecha está visto desde abajo; además, aparece como la imagen de espejo del modelo visto desde arriba.

Con CAD tridimensional puede crearse cualquier vista

Después de haber aprendido a crear objetos tridimensionales usando el sistema CAD es posible producir cualquier vista deseada de un objeto. Esto puede ahorrar mucho tiempo durante la creación de dibujos, debido a que cualquier vista puede crearse con sólo observar el objeto desde la dirección adecuada. El diseñador podría querer ver el objeto desde cierto ángulo para mostrar una superficie angulada u oblicua respecto a su tamaño verdadero. Éste podría ser un proceso tardado si se realiza una proyección bidimensional; en cambio, mediante el CAD tridimensional, casi siempre puede hacerse en uno o dos pasos. Además de ahorrar tiempo, el modelado tridimensional puede ser una herramienta de visualización muy útil: con frecuencia, los diseñadores que están familiarizados con los dibujos para ingeniería pueden interpretar los modelos sombreados con más facilidad.



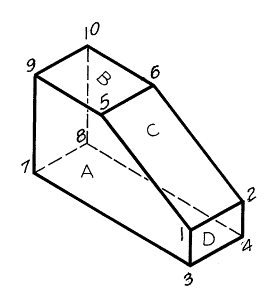
Paso a paso 5.4

Proyección de una tercera vista

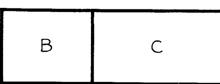
WWW

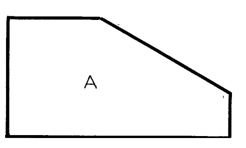
Siga los pasos que a continuación se muestran para proyectar una tercera vista:

La figura de la derecha es el dibujo de un objeto que debe mostrarse en tres vistas. Incluye números que identifican cada esquina (vértice) del objeto y letras que identifican algunas de las superficies más importantes. Se dan las vistas superior y frontal y deben usarse los puntos numerados para proyectar la vista lateral.

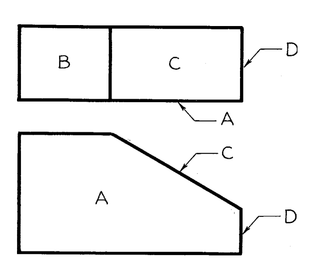


1. Para numerar los puntos de manera eficaz, primero deben identificarse las superficies e interpretarse las vistas dadas. Etiquete las superficies visibles que tienen una forma fácil de identificar en alguna vista; después localice esa misma superficie en la vista adyacente (se han etiquetado las superficies del objeto para facilitar el ejercicio).





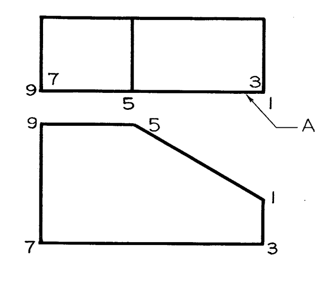
2. La superficie A en la vista frontal es una superficie normal y aparecerá como una línea horizontal en la vista superior. Las dos superficies rectangulares, B y C en la vista superior, son una superficie normal y otra inclinada. En la vista frontal se verán como una línea horizontal y una línea inclinada, respectivamente.



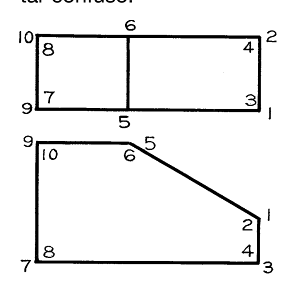
3. Una vez que ha identificado las superficies, etiquete los vértices de una superficie que tenga una forma fácil de reconocer; en este caso, la superficie A.

   Etiquete sus vértices con números en cada esquina como se muestra en la figura. Si un punto es visible en forma directa en la vista, coloque el número fuera de la esquina.

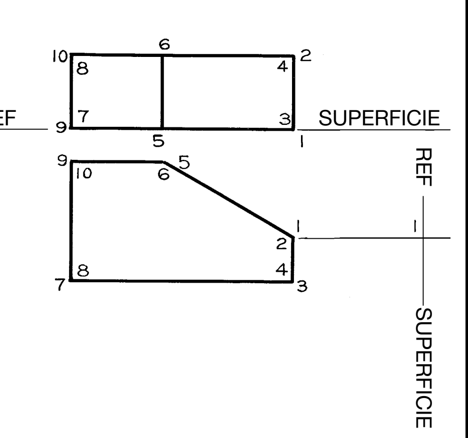
   Si el punto no es visible en forma directa, coloque el número dentro de la esquina. La utilización de los mismos números para identificar los mismos puntos en vistas diferentes ayudará a proyectar los puntos conocidos en dos vistas a posiciones desconocidas en una tercera.



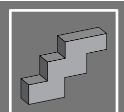
4. Continúe superficie por superficie hasta que haya numerado todos los vértices en las vistas dadas, como se muestra a continuación. No utilice dos números diferentes para el mismo vértice porque puede resultar confuso.



5. Trate de visualizar la vista lateral derecha que debe crearse; después construya dicha vista punto por punto utilizando líneas muy delgadas . Localice el punto 1 de la vista lateral al dibujar una línea de proyección horizontal muy fina a partir del punto 1 de la vista frontal. Utilice la vista del borde de la superficie A en la vista lateral como plano de referencia para transferir la ubicación de la profundidad del punto 1 a la vista lateral, como se muestra en la siguiente figura.



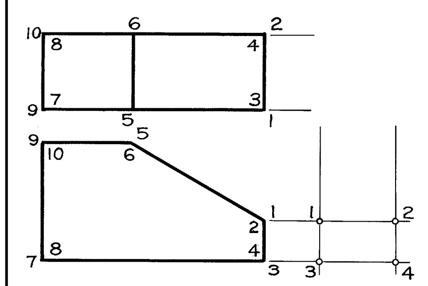
Siga los pasos del 6 al 9, que se presentan en la página siguiente →



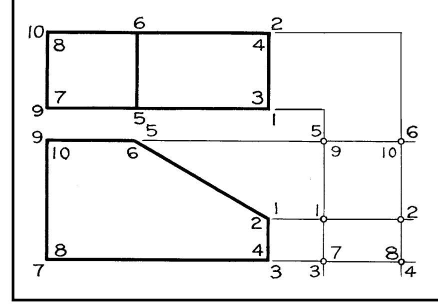
Paso a paso 5.4

Proyección de una tercera vista, continuación

6. Proyecte los puntos 2, 3 y 4 de una manera similar para completar la superficie vertical del objeto.



7. Proyecte los puntos restantes empleando el mismo método; proceda superficie por superficie.



8. Utilice los puntos proyectados de la vista lateral para dibujar las superficies del objeto, como en el ejemplo a la derecha.

   Si la superficie A se extiende entre los puntos 1-3-7-9-5 en la vista frontal, donde su forma puede verse con claridad, ésta se extenderá entre los mismos puntos en cualquier otra vista.

   Al conectar los puntos en la vista lateral, éstos forman una línea vertical.

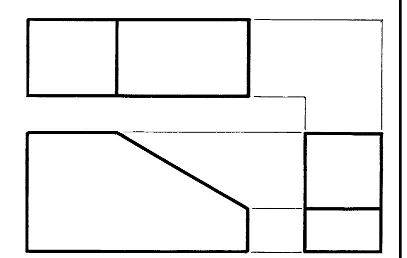
   Lo anterior tiene sentido porque A es una superficie normal. Como es regla entre las superficies normales, su forma se verá en una vista estándar (en este caso en la frontal) y aparecerá como una línea horizontal o vertical en las otras vistas.

   Continúe conectando los vértices para definir las superficies del objeto y así completar la tercera vista.

9. Analice el dibujo para ver si se muestran todas las superficies y oscurezca las líneas finales.

   También debe considerarse la visibilidad de las superficies. Las superficies ocultas detrás de otras superficies deben mostrarse con líneas ocultas.

   A continuación se profundizará en la utilización de líneas ocultas.



5.30 ■ LÍNEAS OCULTAS

Una ventaja de las vistas respecto a las fotografías es que cada vista puede mostrar todo el objeto observado desde cierta dirección. Una fotografía muestra sólo la superficie visible de un objeto, mientras que una vista presenta el objeto y su interior en CAD, como si el primero fuera transparente. Para representar los elementos del objeto que son visibles de manera directa se utilizan líneas continuas y gruesas; los elementos ocultos detrás de otras superficies se representan con líneas discontinuas u ocultas.

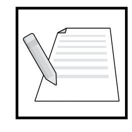
Es necesario recordar que, siempre que se pueda, deben elegirse vistas que muestren elementos con líneas visibles. Las líneas ocultas deben usarse cada vez que sean necesarias para clarificar el dibujo.

Si se eliminan algunas líneas ocultas innecesarias, debido a que el objeto está claramente descrito con las líneas visibles y las líneas ocultas restantes, es posible ahorrar tiempo y reducir la confusión. Mediante el texto se deberá informar al lector que las líneas se eliminaron intencionalmente y que no es un error del dibujo.

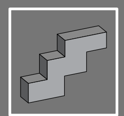
Las líneas ocultas deben bosquejarse con segmentos de línea delgados y oscuros de aproximadamente 5 mm de largo y con espacios de alrededor de 1 mm. Las líneas ocultas deben ser tan oscuras como las demás, pero más delgadas.

Cuando las líneas ocultas se intersecan entre sí en el dibujo, sus segmentos deben coincidir. En general, las líneas ocultas deben intersectarse claramente con las líneas visibles en el borde de un objeto.

Algunas de las prácticas que se aprenderán en este texto para representar intersecciones de líneas ocultas con otras líneas pueden ser difíciles de seguir cuando se utiliza CAD. Al utilizar este tipo de programas, deben ajustarse los comandos de línea con el fin de que las líneas ocultas tengan la mejor apariencia posible. En el Paso a paso 5.5 se proporcionan detalles adicionales acerca de cómo presentar las intersecciones de líneas ocultas de manera apropiada.



Desprenda la hoja de trabajo 5.5 y utilícela para practicar el dibujo con líneas ocultas.

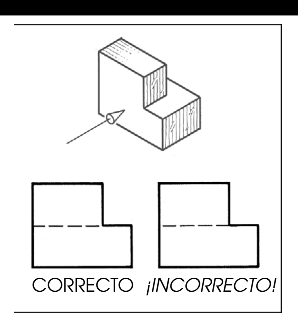


Paso a paso 5.5

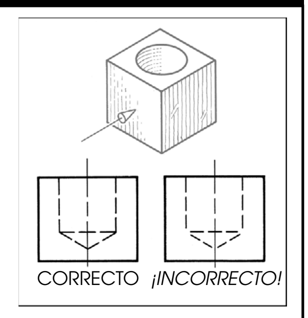
Prácticas correctas e incorrectas para las líneas ocultas



- Haga que una línea oculta se una a una línea visible, excepto cuando esto ocasione que la línea visible se extienda demasiado, como se muestra aquí.
- Deje un espacio siempre que una línea oculta sea la continuación de una línea visible

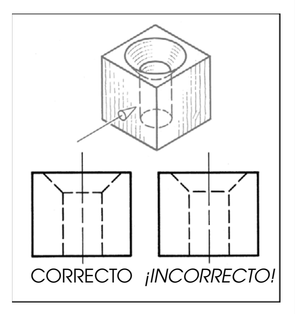


- Cuando dos o tres líneas ocultas se encuentren en un punto, una los segmentos como se muestra para la parte inferior de este orificio perforado.

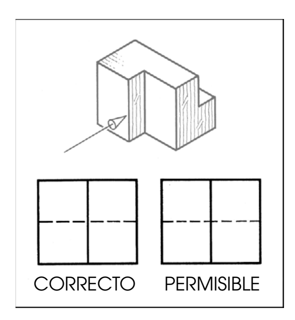


- Haga que las líneas ocultas se intersecten para formar esquinas con forma de L y T.

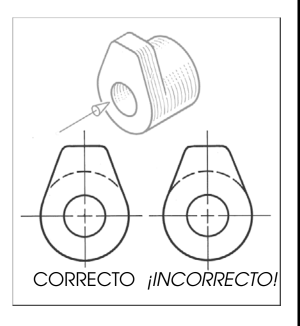
- La misma regla de unir los segmentos cuando dos o tres líneas ocultas se encuentran en un punto se aplica para la parte superior de este orificio avellanado.



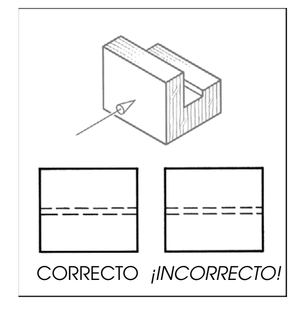
- Cuando sea posible, haga que una línea oculta "salte" a la línea visible.



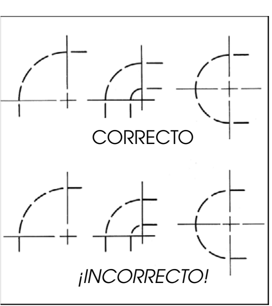
- Las líneas ocultas no deben unirse a las líneas visibles cuando esto ocasione que las líneas visibles se extiendan demasiado.



- Dibuje las líneas ocultas paralelas de forma que sus segmentos estén traslapados como los ladrillos en una pared.

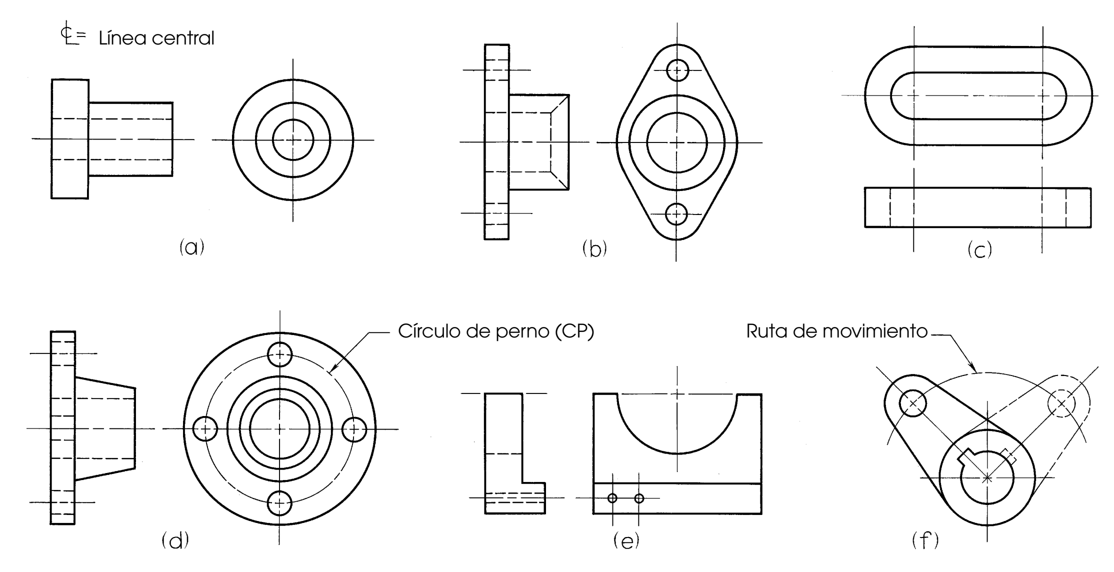


- Dibuje los arcos ocultos como en el ejemplo superior y no como en el inferior.

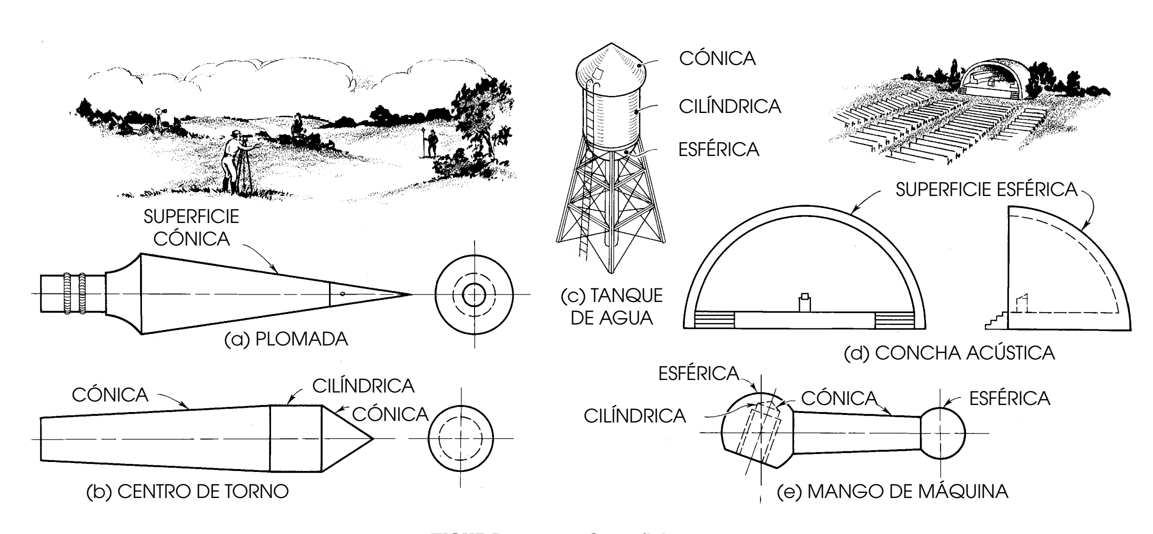


Segmentos acentuados

Acentúe el inicio y el final de cada segmento presionando el lápiz contra el papel. Haga las líneas ocultas tan firmes como sea posible para que sean fáciles de interpretar. Asegúrese de que los segmentos de las líneas ocultas sean más largos que los espacios para que quede claro que representan líneas.



■ **FIGURA 5.34** ■ Aplicaciones de las líneas centrales.



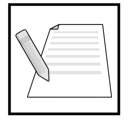
■ **FIGURA 5.35** ■ Superficies curvas.

5.31 ■ LÍNEAS CENTRALES

Las líneas centrales (símbolo: ℄) se usan para indicar ejes simétricos de objetos o elementos, círculos de pernos y rutas de movimiento. Las aplicaciones típicas se muestran en la figura 5.34. Las líneas centrales son útiles en el dimensionamiento y no son necesarias en esquinas fileteadas o redondeadas u otras formas que son localizables por sí mismas.

5.32 ■ SUPERFICIES CURVAS

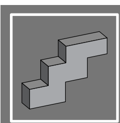
La figura 5.35 muestra algunos de los ejemplos más comunes de las superficies redondeadas que se encuentran en ingeniería: el cilindro, el cono y la esfera. El cilindro es la superficie redondeada más usual, debido a que las formas cilíndricas se producen con facilidad mediante equipo de manufactura común como taladros y tornos.



Desprenda la hoja de trabajo 5.6 y úsela para practicar las líneas centrales.

5.33 ■ SUPERFICIES CILÍNDRICAS

La figura 5.36a muestra tres vistas de un cilindro circular recto. La única superficie cilíndrica tiene superficies superior e inferior planas, las cuales están delimitadas por bordes circulares, que son los únicos bordes en el cilindro.

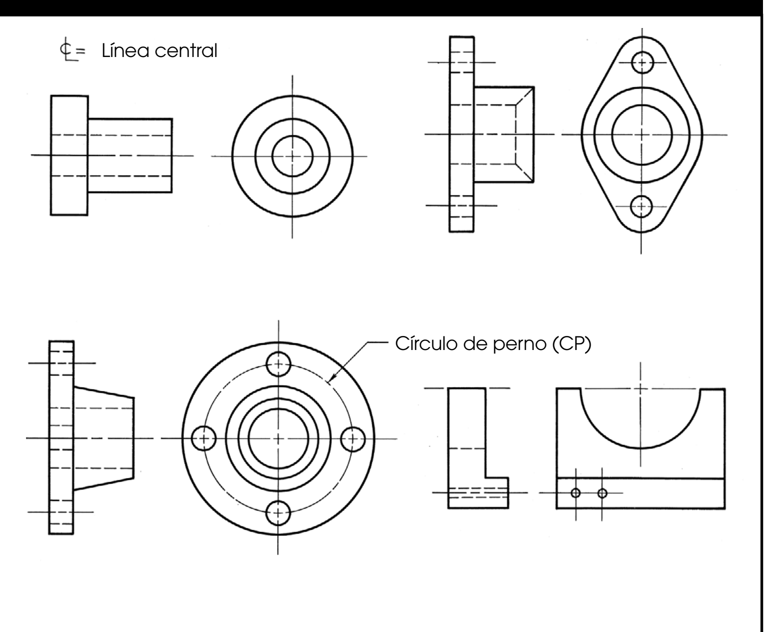


Paso a paso 5.6

Bosquejo de líneas centrales

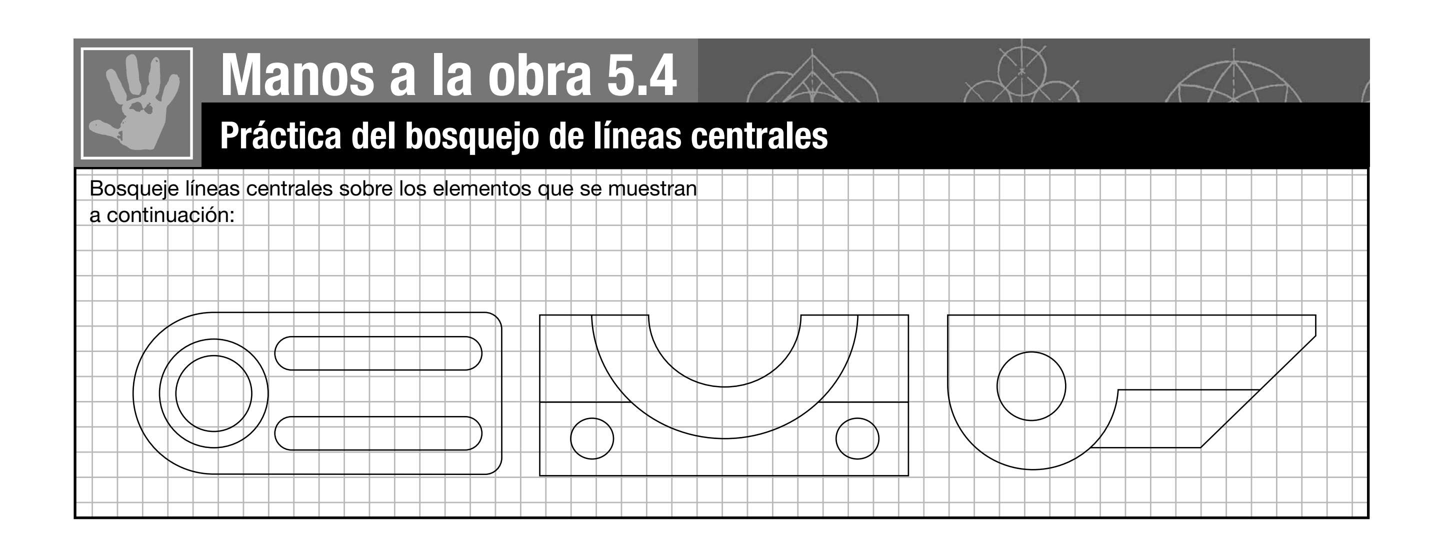


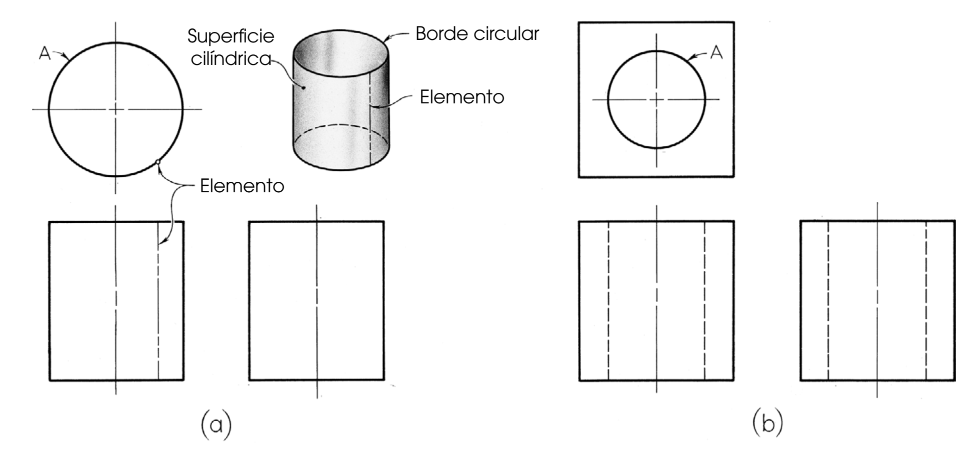
- Como en los ejemplos mostrados, bosqueje una sola línea central en la vista longitudinal y líneas centrales cruzadas en la vista circular.
- Asegúrese de que los pequeños segmentos se crucen en las intersecciones de las líneas centrales.
- Haga que las líneas centrales se extiendan de manera uniforme cerca de 8 mm fuera del elemento para el que fueron dibujadas.
- La longitud de los segmentos largos de las líneas centrales pueden variar desde 20 hasta 40mm, o incluso más de acuerdo con el tamaño del dibujo.
- Haga los segmentos cortos de alrededor de 5mm de largo, con espacios de 2mm aproximadamente.
- Siempre inicie y termine las líneas centrales con segmentos largos.
- Pueden hacerse líneas centrales cortas, en especial para pequeños orificios.
- Siempre deje un espacio cuando una línea central forme la continuación de una línea visible u oculta.
- Haga las líneas centrales continuas lo suficientemente delgadas para contrastar con las líneas visibles y ocultas, y lo suficientemente oscuras para que puedan verse con claridad y reproducirse sin problemas.



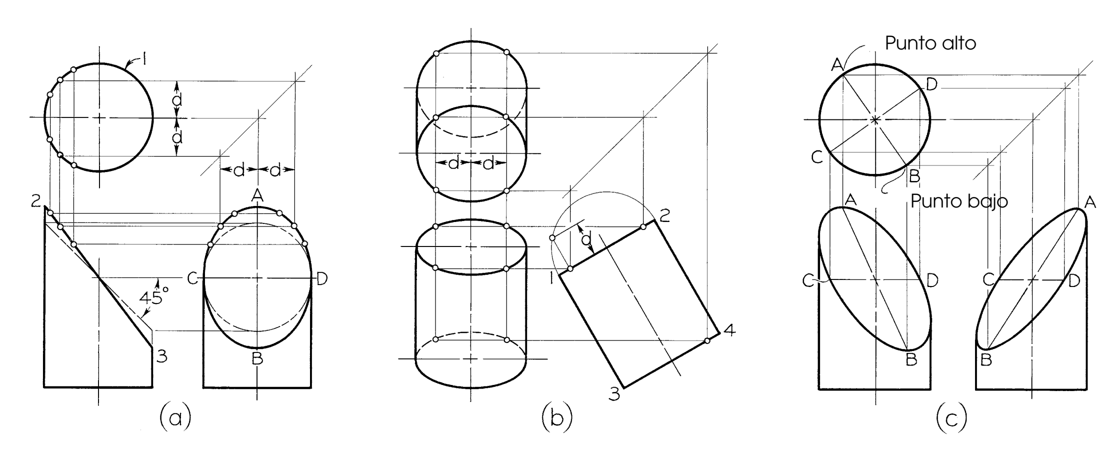
Manos a la obra 5.4

Práctica del bosquejo de líneas centrales





n **FIGURA 5.36** n Superficies cilíndricas.



n **FIGURA 5.37** n Deformaciones de cilindros.

La figura 5.36b muestra tres vistas de un orificio cilíndrico en un prisma cuadrado recto. El cilindro se representa en un dibujo mediante sus bordes circulares y los elementos limitantes del contorno (un elemento es una línea recta sobre la superficie cilíndrica paralelo al eje; la figura 5.36a muestra un elemento del cilindro). Los bordes circulares del cilindro aparecen en las vistas superiores como círculos A, y en las vistas lateral y frontal como líneas horizontales.

Los elementos del cilindro aparecen como puntos en la vista superior. Los elementos de contorno en las vistas laterales aparecen como puntos en las vistas superiores.

5.34 n CILINDROS Y ELIPSES

Si un cilindro es cortado por un plano inclinado (figura 5.37a), la superficie inclinada estará delimitada mediante una elipse. Esta elipse aparecerá como un círculo en la vista superior, como una línea recta en la vista frontal o inclinada y como una elipse en la vista lateral. Observe que el círculo 1 permanece como tal en la vista superior sin importar el ángulo del corte. Si el corte es de 45 grados respecto a la horizontal, también aparecerá como un círculo en la vista lateral.

Cuando una forma circular se muestra inclinada en otra vista, proyéctela en la vista adyacente como se presenta en la figura 5.37 y utilice las técnicas aprendidas en el capítulo 4 para bosquejar elipses. Las vistas estándar no muestran el tamaño verdadero ni la forma de superficies inclinadas como la elipse de la figura 5.37. El capítulo 8 explica cómo crear vistas auxiliares para mostrar el tamaño verdadero y la forma de superficies inclinadas como éstas.

5.35 n INTERSECCIONES Y TANGENCIAS

Cuando una superficie curva es tangente a una superficie plana (figura 5.38a), no se dibuja ninguna línea; pero cuando una superficie curva intersecta a una superficie plana (figura 5.38b), se forma un borde definido. Si las su-

Paso a paso 5.7

Curvas en el espacio

Siga los pasos descritos a continuación para graficar una curva en el espacio (curva irregular):

1. Establezca las vistas adecuadas de una curva en el espacio al identificar de modo arbitrario algunos puntos a lo largo de la curva, donde su forma se muestre con claridad. En este caso se toma la vista superior.

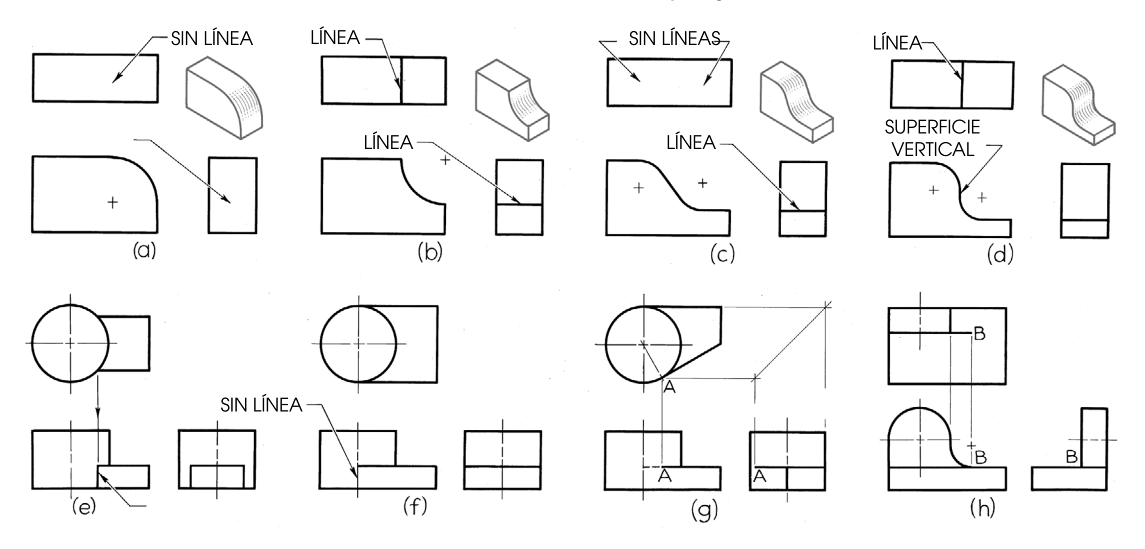
2. Proyecte estos mismos puntos a la vista adyacente.

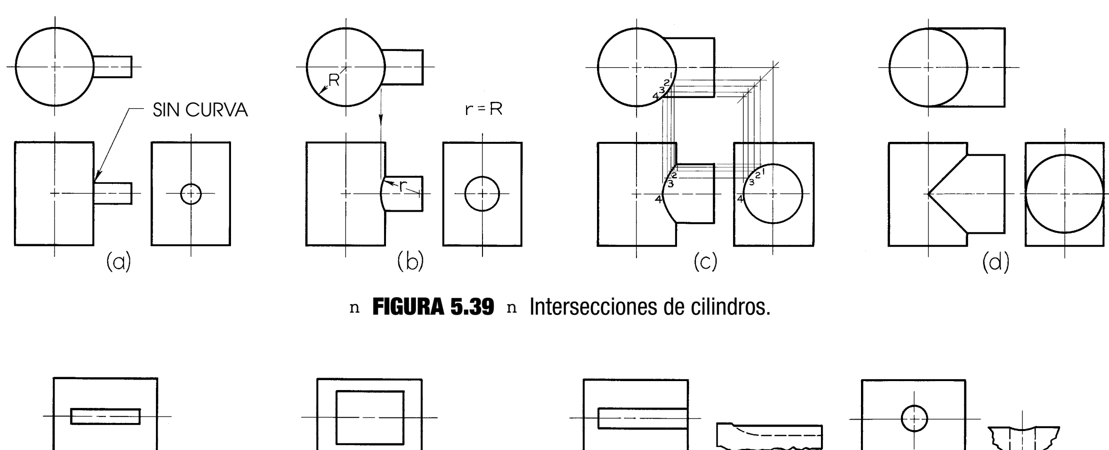
3. Proyecte cada punto desde las dos vistas establecidas hacia la vista restante. El punto se localizará donde se intersequen las líneas de proyección.

Proyección

4. Elabore la curva resultante a través de los puntos. Identifique y proyecte las superficies restantes.

n **FIGURA 5.38** n Intersecciones y tangencias.





■ **FIGURA 5.39** ■ Intersecciones de cilindros.

■ **FIGURA 5.40** ■ Intersecciones.

perficies curvas o planas se unen entre sí con suavidad (es decir, son tangentes), no se dibujan líneas para mostrar dónde se juntan (figura 5.38c). Si un grupo de curvas crea una superficie vertical (figura 5.38d), dicha superficie se muestra como una línea.

Cuando una superficie plana se une al contorno de una superficie no se muestra ninguna línea si éstos son tangentes, pero sí se dibuja si se intersecan. Las figuras de la 5.38e a la 5.38f muestran ejemplos de planos que se unen al contorno de superficies.

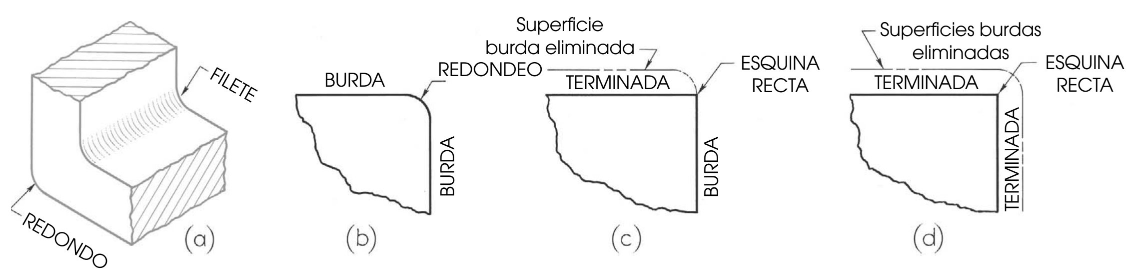
La figura 5.39a muestra un ejemplo de un cilindro pequeño que interseca a uno mayor. Cuando la intersección es pequeña, su forma curveada no se grafica con exactitud debido a que esto añade muy poco al bosquejo o dibujo en comparación con el tiempo que requiere; por eso casi siempre se muestra como una línea recta. Cuando la intersección es más grande, ésta puede aproximarse al dibujar un arco con el mismo radio del cilindro grande (figura 5.39b). Las intersecciones grandes pueden graficarse con exactitud mediante la selección de puntos a lo largo de la curva que se desea proyectar (figura 5.39c). Cuando los cilindros tienen el mismo diámetro, sus intersecciones aparecen como líneas continuas y rectas en la vista adyacente (figura 5.39d).

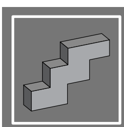
Las figuras 5.40a y 5.40b presentan ejemplos similares de un prisma delgado que interseca a un cilindro. Las 5.40c y 5.40d muestran las intersecciones de un cuñero con un cilindro y de un pequeño orificio con un cilindro.

5.36 ■ FILETES Y BORDES REDONDEADOS

Una esquina interior redondeada se llama ***filete*** (o chaflán) y una esquina exterior redondeada se llama ***redondeo*** al diseñar partes forjadas o fundidas porque son difíciles de producir y pueden debilitar al objeto del que forman parte.

■ **FIGURA 5.41** ■ Superficies burdas y terminadas.





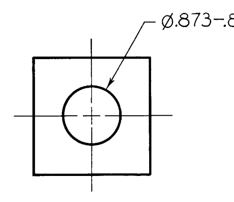
Paso a paso 5.8



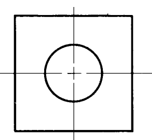
Representación de orificios

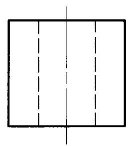
A continuación se describen los métodos para representar los tipos más comunes de orificios o perforaciones maquinados. Por lo general, no es necesario dar instrucciones al operador de la máquina para practicar las perforaciones. A menos que se requiera un proceso específico, usualmente es mejor dejar que el técnico experimentado en fabricación determine cuál es la forma más eficiente y de menor costo para producir la parte. Si se requiere un proceso específico, use los textos necesarios para indicar los pasos a seguir y el orden en que deben ejecutarse.

- Siempre especifique los tamaños de orificio con diámetros; no con radios.

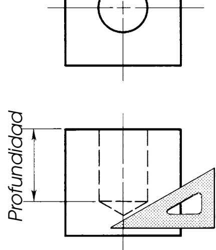


- Una perforación que atraviesa un elemento se le puede llamar también orificio pasante.



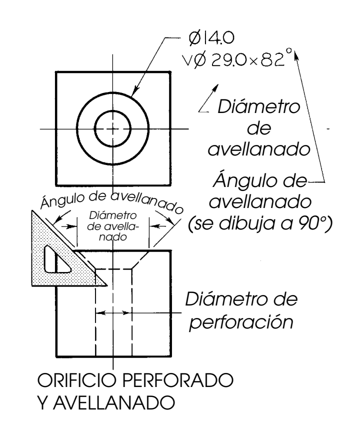


- Un orificio con una profundidad específica se llama hoyo ciego. En él , la profundidad incluye sólo la porción cilíndrica del agujero. La punta del taladro deja un fondo cónico en el hoyo, el cual describe un ángulo aproximado de 30°.



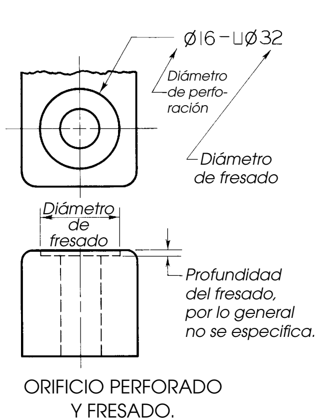
ORIFICIO PERFORADO

- Si un orificio debe perforarse con la parte superior ensanchada en forma cónica a un ángulo y diámetro específicos (con avellanado), por lo general el ángulo es de 82 grados, pero se dibuja a 90 grados por simplicidad.



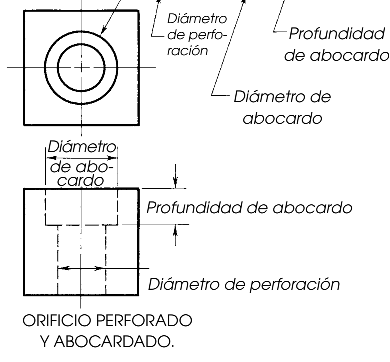
ORIFICIO PERFORADO Y AVELLANADO

- Si un orificio debe perforarse con la parte superior ensanchada en forma cilíndrica a un diámetro específico, usualmente para producir la superficie suave para un cojinete (mediante el proceso de fresado), por lo general, la profundidad no se especifica sino que se deja que el taller lo determine para su manufactura. En promedio, dibuje la profundidad a 1.5 mm (1/16″).

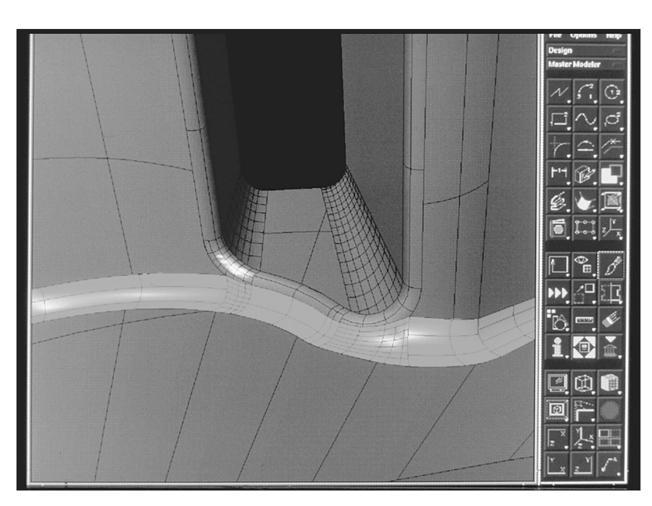


ORIFICIO PERFORADO Y FRESADO.

- Si un orificio se perfora con la parte superior ensanchada en forma cilíndrica a un diámetro y profundidad específicos, mediante el proceso de abocardado, especifíquelo gráficamente como se muestra en la figura.



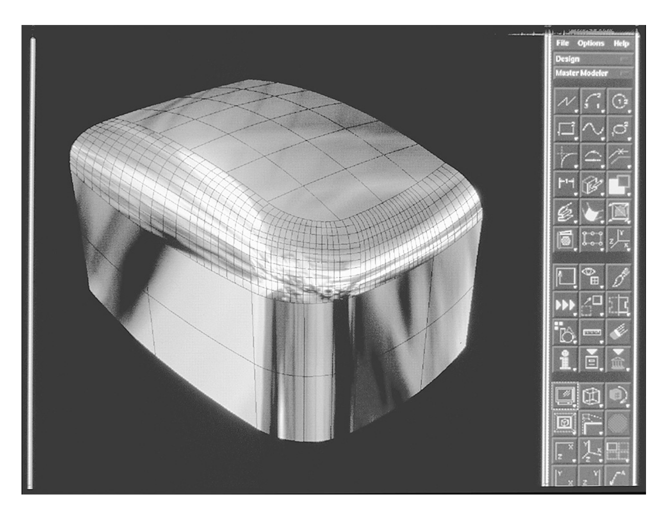
ORIFICIO PERFORADO Y ABOCARDADO.



n **FIGURA 5.42** n Representación de filetes en CAD tridimensional. *Cortesía de SDRC, Milford, OH.*

Dos superficies burdas que se intersecan producen una esquina redondeada (figura 5.41b). Si una de estas superficies se trabaja (figura 5.41c), o si se manufacturan ambas superficies (figura 5.41d), la esquina se vuelve recta. En los dibujos, una superficie redondeada significa que ambas superficies se intersecan, son burdas y una esquina recta significa que una o las dos superficies han sido trabajadas. No es necesario sombrear los filetes y bordes redondeados en los dibujos de vistas múltiples. La presencia de superficies curvas se indica sólo donde aparecen como arcos, a menos que se hagan para llamar la atención hacia ellas (figura 5.47).

El software de CAD tridimensional varía en su capacidad de crear dobleces complejos para filetes y redondeos. La figura 5.42 muestra un modelo de CAD con filetes complejos; la figura 5.43 presenta un diseño en CAD con redondos complejos.



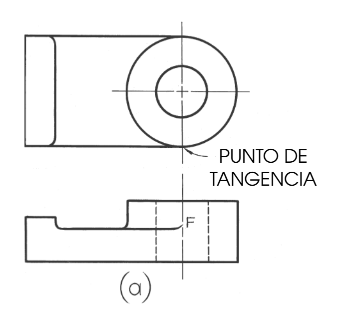
n **FIGURA 5.43** n Representación de redondos en CAD tridimensional. *Cortesía de SDRC, Milford, OH.*

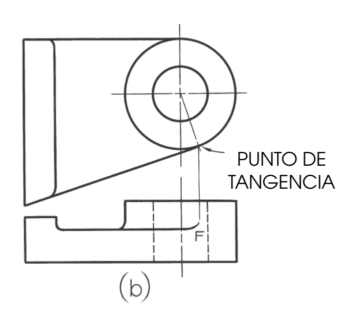
5.37 n ALCANCES

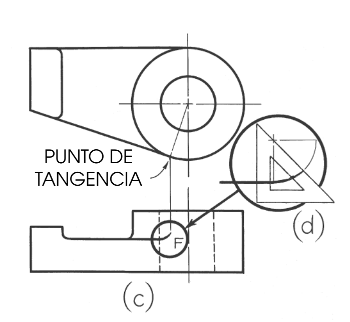
Las curvas pequeñas llamadas ***alcances*** se usan para representar filetes que se conectan con superficies planas tangentes a cilindros, como se muestran en las figuras de la 5.44a a la 5.44d. Los alcances, etiquetados con F, deben tener un radio igual al del filete y una curvatura de alrededor de un octavo de un círculo, como lo muestra la figura 5.44d.

Los alcances de diferentes intersecciones con filete aparecerán de una manera distinta debido a las formas de los miembros horizontales que se intersecan. La figura 5.45 muestra más ejemplos de representaciones convencionales para filetes, redondos y alcances. En las figuras 5.45e y 5.45f, los alcances son distintos porque la superficie superior de la malla es plana en la figura 5.45e, mientras que en la figura 5.45f está considerablemente redondeada.

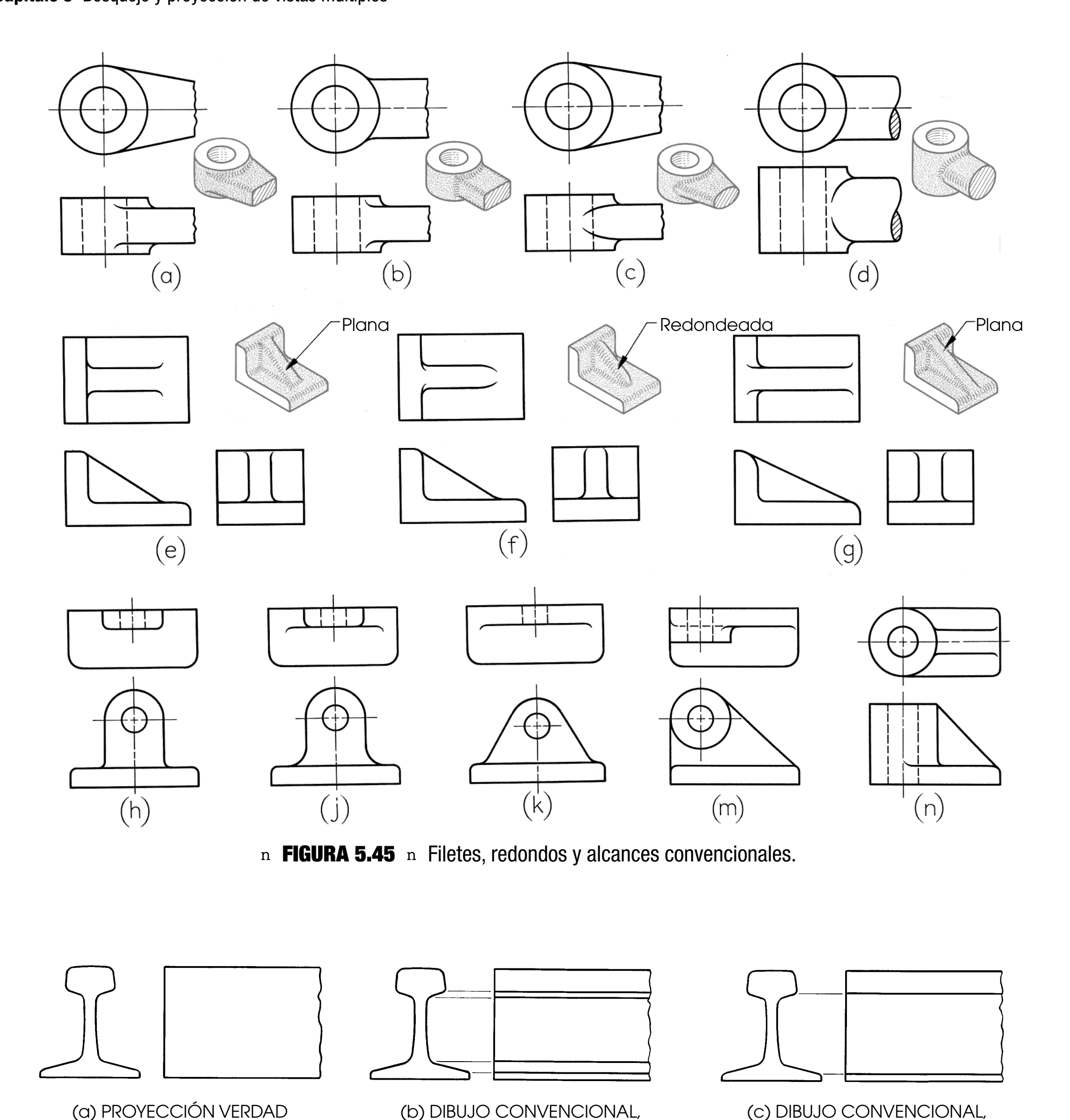
Cuando se intersectan dos diferentes tamaños de filetes, la dirección del alcance es la del filete más largo (figuras 5.45g y 5.45j).







n **FIGURA 5.44** n Alcances.



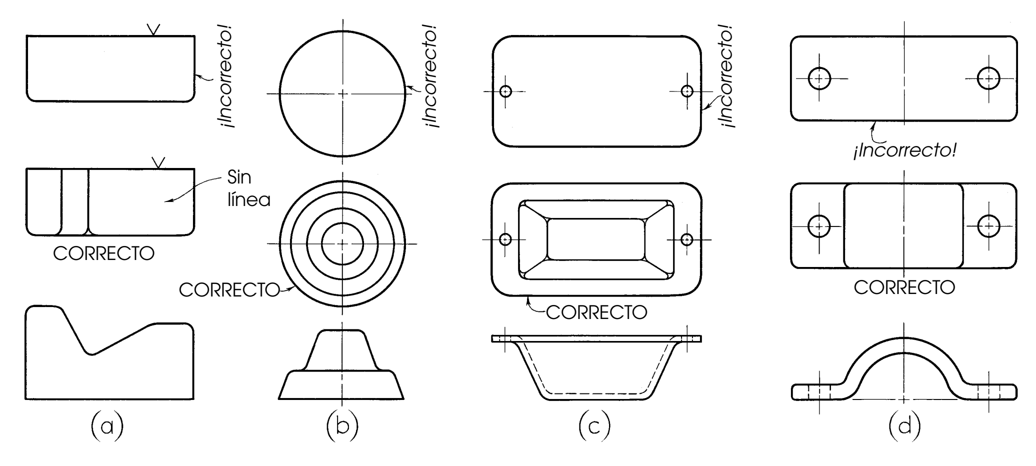
n **FIGURA 5.45** n Filetes, redondos y alcances convencionales.

n **FIGURA 5.46** n Representación convencional de un riel.

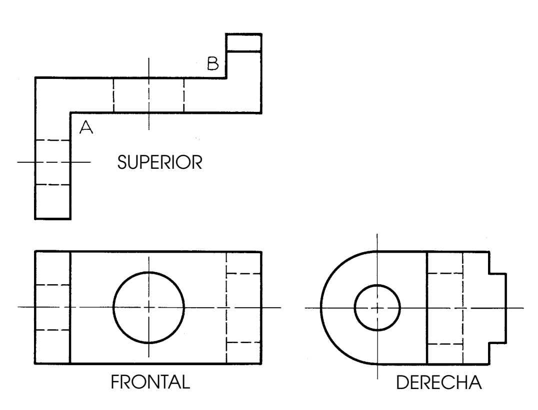
5.38 n BORDES CONVENCIONALES

Las intersecciones redondeadas y fileteadas eliminan los bordes rectos y pueden dificultar la presentación de la forma con claridad. En algunos casos, como la figura 5.46a lo muestra, la proyección verdadera puede ser confusa. Las líneas agregadas que muestran los bordes redondeados y fileteados (figuras 5.46b y 5.46c) proporcionan una representación más clara, aun cuando no son una representación verdadera. En estos casos, deberá proyectar las líneas añadidas desde las intersecciones de las superficies como si los filetes y redondos no estuvieran presentes.

La figura 5.47 muestra las vistas superiores para cada vista frontal dada. El primer conjunto de vistas superiores tiene muy pocas líneas, aunque representan las proyeccio-



■ **FIGURA 5.47** ■ Bordes convencionales.



■ **FIGURA 5.48** ■ Tres vistas.

nes verdaderas. El segundo conjunto de vistas superiores, donde se han agregado líneas para representar los bordes redondeados y los filetes, son bastante claros. Observe el uso de pequeñas "Y" donde los bordes son redondeados o fileteados y se encuentran con una superficie burda. Si un borde interseca a una superficie terminada, no se muestra ninguna "Y".

5.39 ■ VISTAS NECESARIAS

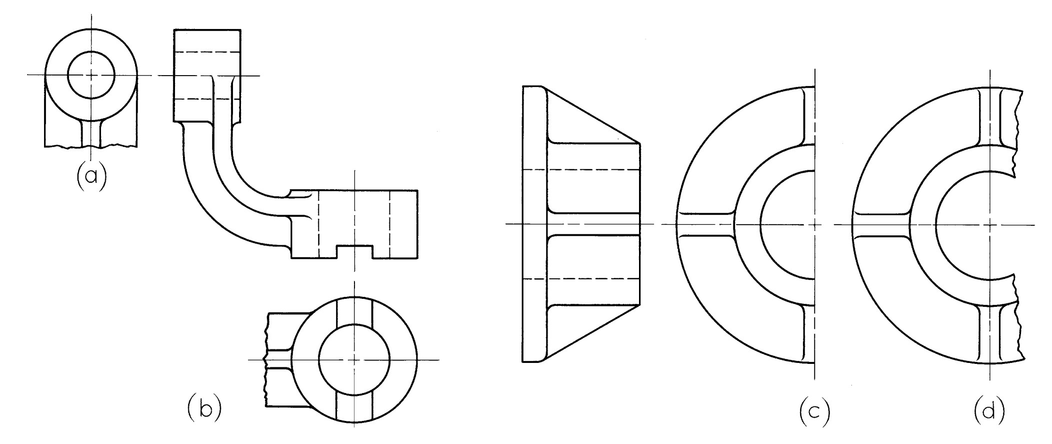
¿Cuál es el número mínimo de vistas necesarias para definir completamente un objeto? Por ejemplo, en la figura 5.48, la vista superior podría omitirse, dejando sólo las vistas frontal y derecha. Sin embargo, resultaría más difícil leer las dos vistas o visualizar el objeto porque se omitiría la forma característica parecida a una "Z". Además, se debe suponer que las esquinas A y B en la vista superior son cuadradas y no redondeadas. En este ejemplo, las tres vistas son necesarias.

5.40 ■ VISTAS PARCIALES

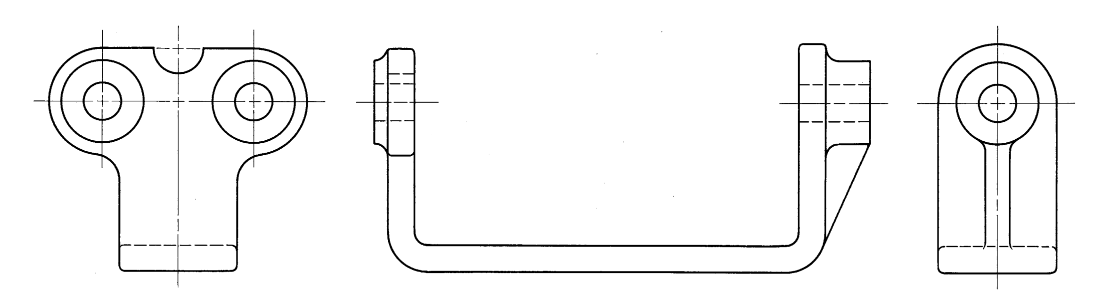
No es necesario que una vista esté completa; sólo necesita mostrar aquello que es necesario para describir con claridad al objeto. Esto se llama vista parcial y se utiliza para ahorrar parte del tiempo dedicado al bosquejo. Se puede utilizar una línea de quiebre para limitar la vista parcial (figura 5.49a), o limitar una vista mediante el contorno de la parte mostrada (figura 5.49b). Si la vista es simétrica se permite dibujar sólo la mitad de la vista a un lado de la línea central (figura 5.49c), o romper una vista parcial (figura 5.49d).

Cuando se dibuja una vista parcial, no deberá colocarse una línea de quiebre de forma que ésta coincida con una línea visible u oculta, porque esto podría causar que el dibujo se malinterprete.

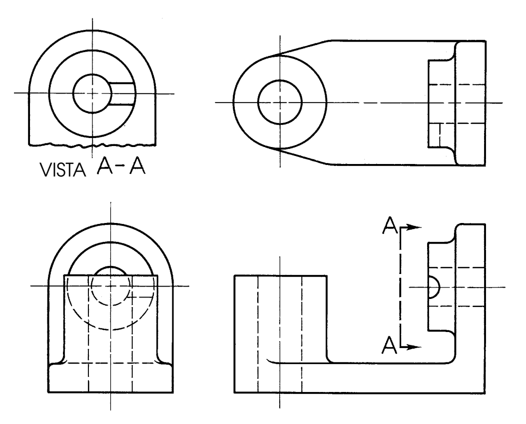
De manera ocasional, los elementos distintivos de un objeto están en lados opuestos. En cualquier vista completa de un lado existirá un traslape considerable de formas.



n **FIGURA 5.49** n Vistas parciales.



n **FIGURA 5.50** n Vistas laterales incompletas.



n **FIGURA 5.51** n Vistas eliminadas.

En casos como éste, con frecuencia la mejor solución consiste en dos vistas laterales (figura 5.50). Las vistas son parciales, y ciertas líneas visibles y ocultas se han omitido en aras de la claridad.

5.41 n VISTAS ELIMINADAS

Una vista eliminada es una vista parcial o completa que se ha colocado en algún otro lugar de la hoja, de manera que ya no está en proyección directa con alguna otra vista (figura 5.51). Una vista eliminada puede usarse para mostrar un elemento del objeto con más claridad, posiblemente a una escala mayor, o para ahorrarse el dibujo de una vista regular completa. Se utiliza una línea del plano de visión para indicar la parte que se observa. Las flechas en las esquinas muestran la dirección de la mirada. Las vistas eliminadas deben etiquetarse como vista A-A, vista B-B, etcétera; las letras hacen referencia a aquellas colocadas en las esquinas de la línea del plano de visión.

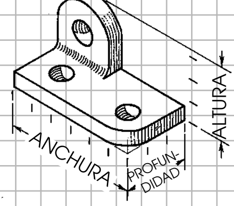


Manos a la obra 5.5

Bosquejo de tres vistas

Enseguida se presenta un bosquejo de una ménsula de palanca que requiere tres vistas. Siga los pasos descritos a continuación para bosquejar las tres vistas:

1. Esboce los rectángulos que contendrán las tres vistas. Puede usar proporciones globales a simple vista o, si conoce las dimensiones; puede utilizar un escalímetro para bosquejar las vistas en su tamaño exacto. Para espaciar las vistas de manera equivalente desde el borde del rectángulo y entre ellas, trace líneas horizontales para establecer la altura de la vista frontal y la profundidad de la vista superior. Dibuje líneas verticales para establecer la anchura de las vistas superior y frontal, y la profundidad de la vista lateral. Asegúrese de que esté en proporción correcta a la altura, y recuerde mantener un espacio uniforme entre las vistas. Recuerde que el espacio entre las vistas frontal y derecha no es necesariamente el mismo. Transfiera la dimensión de profundidad de la vista superior a la vista lateral; puede usar el borde de una tira de papel o un lápiz como unidad de medida. La profundidad en las vistas superior y lateral deben ser siempre iguales.
2. Bosqueje ligeramente todos los detalles.
3. Dibuje ligeramente todos los arcos y círculos.
4. Oscurezca todas las líneas finales.



MÉNSULA DE PALANCA.

ANCHURA

PROFUNDIDAD

Transferir dimensión
de profundidad

Proyección

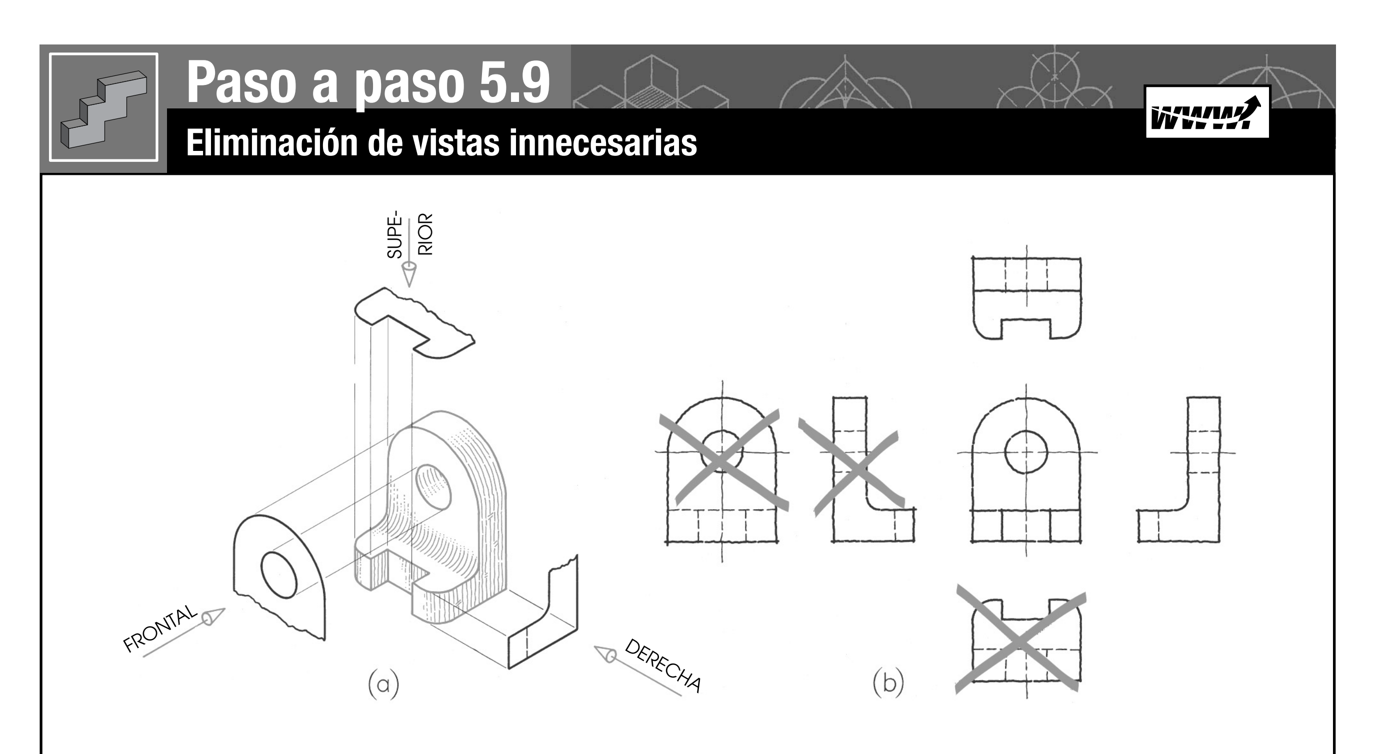
ALTURA

Proyección

PROFUNDIDAD

Paso a paso 5.9

Eliminación de vistas innecesarias



Existen tres elementos distintivos de este objeto que deben mostrarse en el dibujo:

1. La parte superior redondeada y el orificio, vistos desde el frente.
2. La muesca rectangular y las esquinas redondeadas, vistas desde arriba.
3. El ángulo recto con esquina fileteada, visto desde un lado.

Las vistas frontal y trasera muestran las formas verdaderas del orificio y de la parte superior redondeada, pero se prefiere la vista frontal porque no tiene líneas ocultas. Se descarta la vista trasera.

La vistas superior e inferior muestran la muesca rectangular y las esquinas redondeadas, pero se prefiere la vista superior porque tiene menos líneas ocultas. Se descarta la vista inferior.

Las vistas lateral izquierda y derecha muestran el ángulo recto con la esquina fileteada. De hecho, en este caso las vistas laterales son idénticas, sólo que invertidas; se elige la vista lateral derecha. Se descarta la vista izquierda.

En este ejemplo, las tres vistas que deben conservarse son la superior, la frontal y la derecha: las tres vistas regulares.

5.42 ■ ALINEACIÓN DE LAS VISTAS

Las vistas siempre deben dibujarse según el arreglo estándar mostrado en la figura 5.52 para estar seguro de que los dibujos no sean malinterpretados. La figura 5.52a muestra una guía acotada que requiere tres vistas; su orden correcto se muestra en la figura 5.52b. La vista superior debe estar directamente por encima de la vista frontal y la vista derecha directamente a la derecha de la vista frontal, no fuera de la alineación (figura 5.52c). Nunca deben dibujarse las vistas en posición inversa, con la vista inferior sobre la frontal o la vista derecha a la izquierda de la vista frontal (figura 5.52d). Aunque las vistas se alinean con la vista frontal, este arreglo puede ser malinterpretado y no bien definido.

Después de que los bosquejos de diseño se terminan, por lo general se seguirá con dibujos de CAD detallados. En éstos se deben aplicar las mismas reglas para el orden de las vistas, donde se muestre con claridad el objetivo del dibujo, se usen los patrones y grosores de línea adecuados, y se sigan todos los estándares como se hace en los dibujos creados manualmente (figura 5.53). Muchos programas mediante CAD permiten seleccionar un arreglo estándar de vistas producido de manera directa a partir del modelo tridimensional en CAD. Como el CAD facilita el movimiento de todas las vistas, resulta tentador colocar las vistas de manera que se ajusten a la pantalla o a la hoja de impresión y no con el orden estándar, pero ésta no es una práctica aceptable.

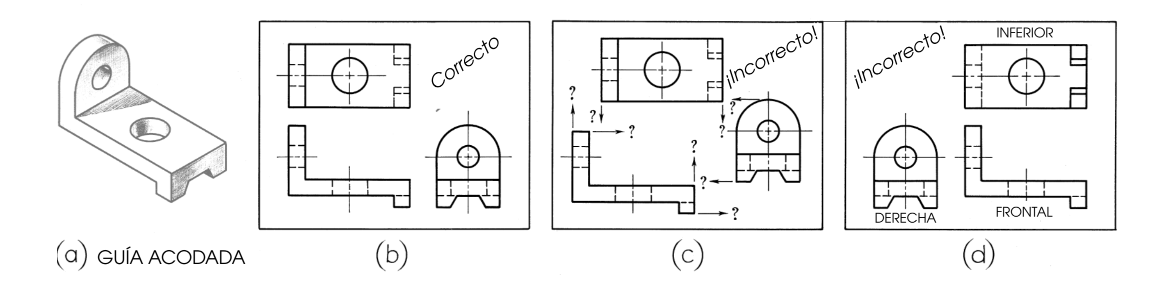
Manos a la obra 5.6

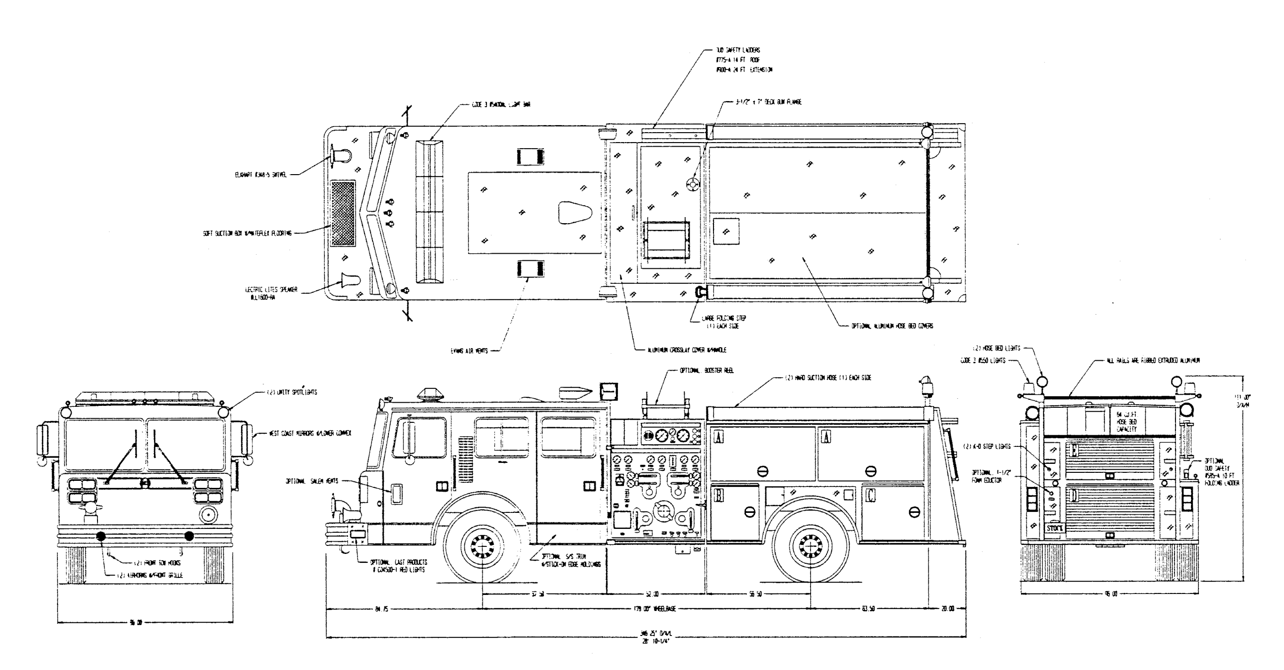
Descarte las vistas innecesarias

Use el Paso a paso 5.9 como ejemplo; observe con cuidado las proyecciones en el espacio a la derecha y decida cuáles vistas son necesarias para describir el objeto con precisión.

En cada conjunto de vistas, descarte las vistas innecesarias.

■ **FIGURA 5.52** ■ Posición de las vistas.





■ **FIGURA 5.53** ■ Dibujo de ensamble en CAD con vistas múltiples de un camión de bomberos MAXIM. *Cortesía de CADKEY.*

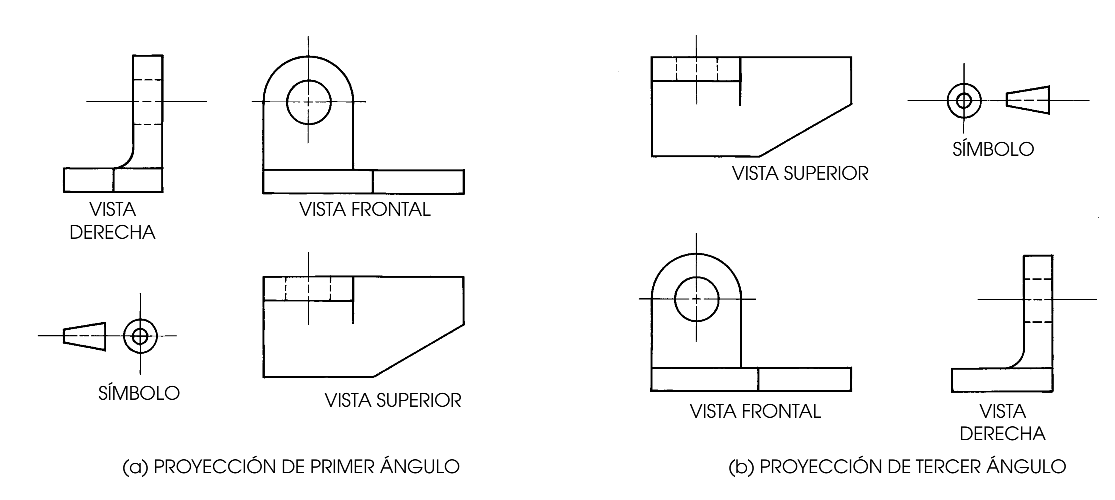
5.43 ■ PROYECCIÓN DE PRIMER Y TERCER ÁNGULOS

Como se vio en este capítulo, puede compararse el sistema de proyección de vistas con una caja de cristal hecha con los planos de visión. Existen dos sistemas principales que se usan para proyectar y desplegar las vistas: ***la proyección de tercer ángulo***, que se usa en Estados Unidos, Canadá y algunos otros países, y ***la proyección de primer ángulo***, que se usa principalmente en Europa y Asia. Debido a la naturaleza global de las carreras de ingeniería, se recomienda entender ambos métodos (Americano y Europeo). La figura 5.54 muestra una comparación entre una proyección ortogonal de primer ángulo y una proyección ortogonal de tercer ángulo. Cuando se confunde una proyección de primer ángulo con una de tercero pueden presentarse errores en la interpretación del dibujo, e incluso errores de fabricación.

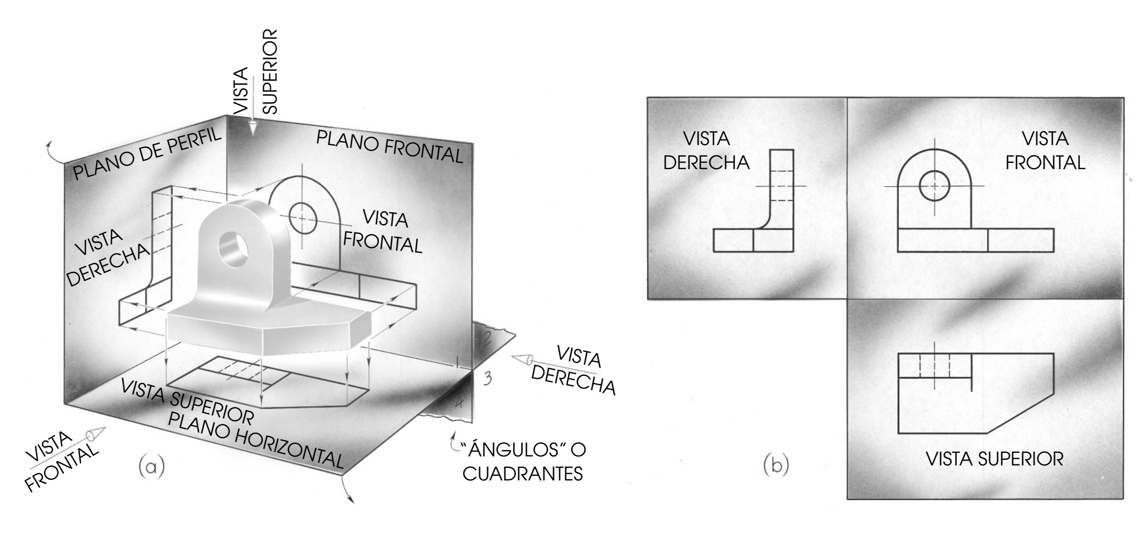
Para evitar las malas interpretaciones, se han desarrollado símbolos como el Americano y el Europeo de proyección para distinguir entre las proyecciones de primer y tercer ángulos en los dibujos. El símbolo en la figura 5.54 muestra dos vistas de un cono truncado. Para determinar si se utilizó una proyección de primer o tercer ángulo, puede examinarse el arreglo de las vistas en el símbolo; cuando se hacen dibujos que se usarán internacionalmente, es necesario recordar la inclusión de este símbolo.

Para entender los dos sistemas, piense en los planos de proyección vertical y horizontal (figura 5.55a) como indefinidos en extensión e intersección a 90 grados entre sí; los cuatro ángulos producidos se llaman el primer, segundo, tercero y cuarto ángulos (se nombran de manera similar a como se hace con los cuadrantes de una gráfica). El plano de perfil se coloca de manera que interseque estos dos planos a 90 grados. Si el objeto que debe dibujarse se coloca por debajo del plano horizontal y detrás del plano vertical, como en la caja de cristal que se vio con anterioridad, se dice que el objeto está en el tercer ángulo. En la proyección de tercer ángulo, las vistas se producen como si el observador estuviera afuera y observara hacia adentro.

Si el objeto se coloca encima del plano horizontal y enfrente del plano vertical, el objeto está el primer ángulo.



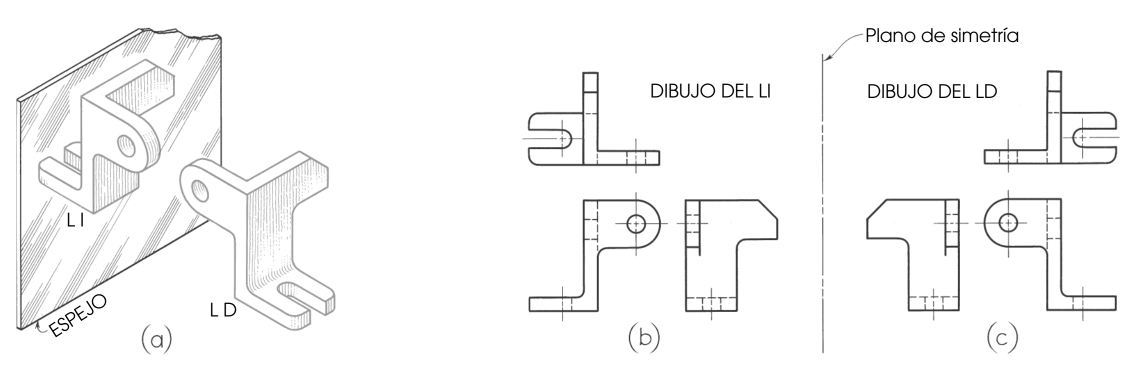
n **FIGURA 5.54** n Proyección de primer ángulo comparada con la de tercer ángulo.



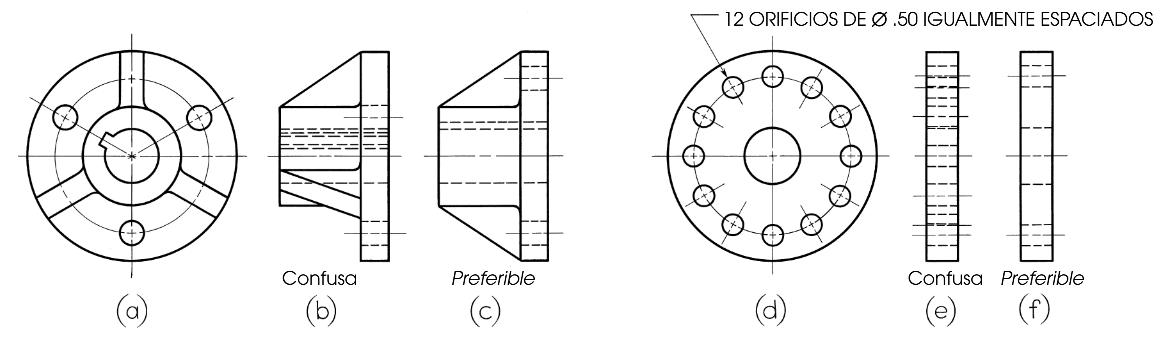
n **FIGURA 5.55** n Proyección de primer ángulo.

En la proyección de primer ángulo, el observador mira desde el objeto hacia los planos de proyección. La vista derecha aún se obtiene al observar el lado derecho del objeto, la frontal mirando el frente del objeto y la superior al ver el objeto desde arriba; pero las vistas se proyectan desde el objeto hacia el plano respectivo. La diferencia más grande entre las proyecciones de primero y tercer ángulo reside en la forma en que se despliegan los planos de la caja de cristal (figura 5.55b). En la proyección de primer ángulo, la vista derecha está a la izquierda de la vista frontal, y la vista superior está por debajo de la vista frontal.

Es necesario entender la diferencia entre los dos sistemas y conocer el símbolo que se coloca en los dibujos para indicar cuál de ellos se ha utilizado. Siempre tenga en mente que a lo largo de este libro se usará la proyección de tercer ángulo.



■ **FIGURA 5.56** ■ Parte derecha y parte izquierda.



■ **FIGURA 5.57** ■ Convenciones de giro.

5.44 ■ PARTE DERECHA Y PARTE IZQUIERDA

Es frecuente que las partes del dibujo funcionen en pares donde los elementos opuestos son similares. Sin embargo, es muy raro que las partes opuestas son exactamente iguales. Por ejemplo, la defensa delantera del lado derecho de un automóvil no puede tener la misma forma que la defensa delantera del lado izquierdo. Una parte izquierda no es sólo una parte derecha volteada; las dos partes son imágenes de espejo entre sí y no son intercambiables.

En los bosquejos y dibujos, una parte del lado izquierdo se etiqueta con LI y una parte del lado derecho con LD. En la figura 5.56a, la parte enfrente de un espejo es una parte derecha, y la imagen reflejada es la parte izquierda. Sin importar cómo se gire el objeto, la imagen mostrará la parte izquierda. En las figuras 5.56b y 5.56c se presentan dibujos de los lados izquierdo y derecho para el mismo objeto.

5.45 ■ CONVENCIONES DE GIRO

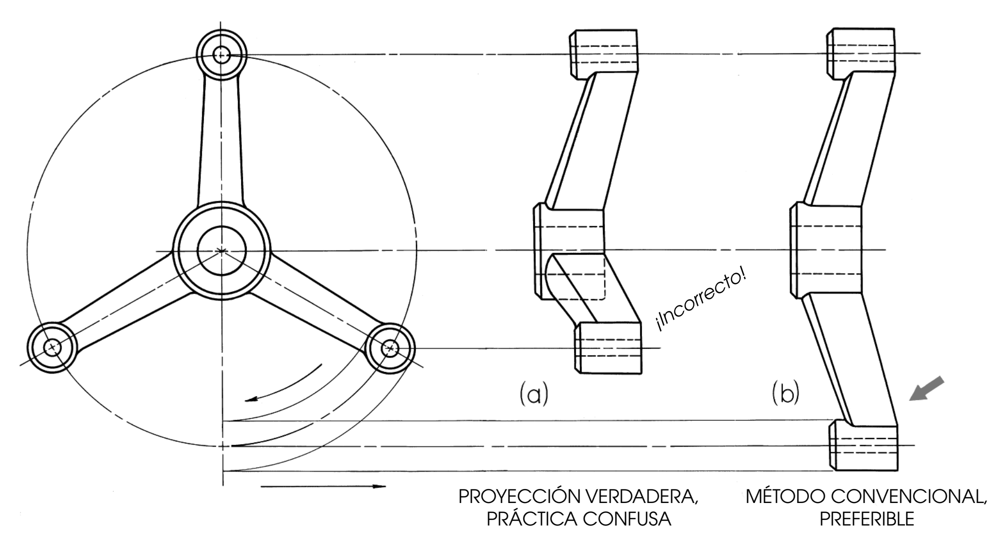
Algunas veces las proyecciones de vistas múltiples son difíciles, confusas e incluso engañosas. Por ejemplo, la figura 5.57a muestra un objeto que tiene tres costillas triangulares, tres orificios igualmente espaciados en la base y un cuñero. La vista derecha es una proyección regular que no se recomienda: las costillas inferiores aparecen en una posición acortada, los orificios no aparecen en su relación verdadera con el aro de la base y el cuñero se proyecta como una confusión de líneas ocultas.

Se recomienda el uso del método convencional que se muestra en la figura 5.57c porque es más simple de leer y se requiere menos tiempo para bosquejarlo. Todos los elementos que se mencionaron han sido girados en la vista frontal para que estén a lo largo de la línea central vertical, desde donde se proyecta a la vista lateral correcta.

Las figuras 5.57d y 5.57e muestran vistas regulares de una brida con muchos orificios pequeños. Las perforaciones ocultas son confusas y se requiere demasiado tiempo para dibujarlas. La representación recomendada en la figura 5.57f muestra las perforaciones giradas para darle claridad al dibujo.

La figura 5.58 muestra una proyección regular con un acortamiento confuso del brazo inclinado. Para hacer que la simetría del objeto sea clara, el brazo inferior se gira para alinearse verticalmente en la vista frontal; de esta forma presenta su longitud verdadera al proyectarse en la vista lateral que se muestra en la figura 5.58b.

Los giros del tipo analizado aquí se utilizan con frecuencia en relación con el seccionamiento. Tales vistas de sección se conocen como secciones alineadas.



n **FIGURA 5.58** n Convenciones de giro.

PALABRAS CLAVE

ABOCARDADO
ALCANCE
ALINEACIÓN DE VISTAS
ALTURA
ANCHURA
AVELLANADO
BARRENO
BORDE INCLINADO
BORDE NORMAL
BORDE OBLICUO
BORDE
CAJA DE CRISTAL
FILETE
FRESADO
LÍNEAS DE PLIEGUE
ORTOGONAL
PERFORACIÓN
PLANO
PLANO DE PROYECCIÓN
PROFUNDIDAD
PROYECCIÓN DE PRIMER ÁNGULO
PROYECCIÓN DE TERCER ÁNGULO
PROYECCIÓN DE VISTAS MÚLTIPLES
PROYECTORES
REDONDO
SUPERFICIE
SUPERFICIE INCLINADA
SUPERFICIE NORMAL
SUPERFICIE OBLICUA

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Los dibujos ortogonales son el resultado de proyectar la imagen de un objeto tridimensional en uno de los seis planos de proyección estándar. Es posible igualar las seis vistas estándar con el despliegue de una “caja de cristal”. La disposición de las vistas en relación con las demás es importante. Las vistas deben proyectarse para alinearse con vistas adyacentes, de forma que cualquier punto en una vista se proyecte alineado con el mismo punto en la vista adyacente. El arreglo estándar de las vistas muestra las vistas superior, frontal y derecha del objeto.
- La visualización es una importante habilidad. Las capacidades visuales pueden desarrollarse mediante la práctica y la comprensión de la terminología que se usa para describir los objetos. Por ejemplo, las superficies pueden ser normales, inclinadas u oblicuas. Las superficies normales aparecen en su tamaño verdadero en una vista principal y como bordes en las otras dos vistas principales. Las superficies inclinadas aparecen como borde en una de las tres vistas principales. Las superficies oblicuas no aparecen como un borde en ninguna de las vistas principales.
- Las convenciones definen las prácticas usuales para la representación de elementos como orificios, copas, costillas, mallas, rayos, filetes y redondos. La selección de la escala es importante para representar objetos con claridad en el medio de dibujo.
- La creación de dibujos en CAD involucra la aplicación de los mismos conceptos que en el dibujo en papel. La diferencia principal es que la geometría del dibujo se almacena con más exactitud al usar una computadora que al dibujar a mano. La geometría de un dibujo en CAD puede reutilizarse en muchas formas y graficarse a cualquier escala que se necesita.

PREGUNTAS DE REPASO

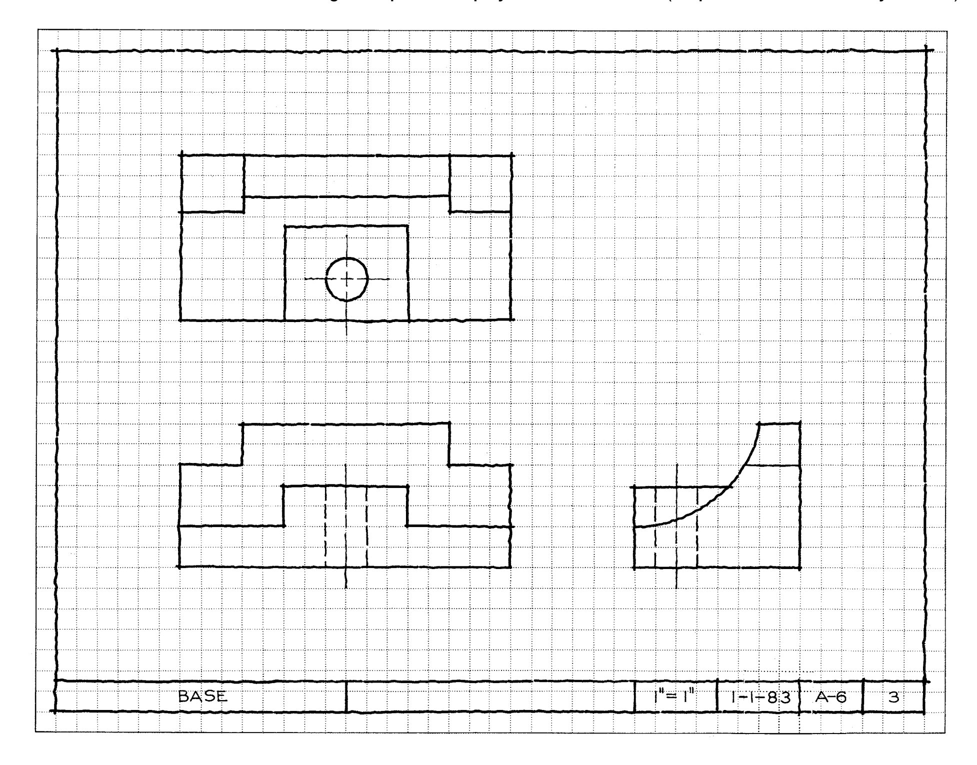
1. Elabore el símbolo para la proyección de tercer ángulo.
2. Mencione las seis vistas principales de proyección.
3. Elabore las vistas superior, frontal y derecha de un objeto diseñado por usted que tenga superficies normales, inclinadas y oblicuas.
4. En un dibujo que muestre las vistas superior, frontal y derecha, ¿cuáles dos vistas muestran la profundidad? ¿Cuál vista muestra la profundidad de manera vertical en la hoja? ¿Cuál lo hace en forma horizontal?
5. ¿Cuál es la definición de una superficie normal? ¿De una superficie inclinada? ¿De una superficie oblicua?
6. Mencione tres similitudes entre la utilización de un programa de CAD para crear dibujos bidimensionales y el bosquejo realizado sobre una hoja de papel. Mencione tres diferencias.
7. ¿Cuáles dimensiones son iguales en las vistas superior y frontal: anchura, altura o profundidad? ¿En las vistas frontal y derecha? ¿En las vistas superior y derecha?
8. Mencione dos formas de transferir la profundidad entre las vistas superior y derecha.
9. Si la superficie A consta de las esquinas 1, 2, 3 y 4, y la superficie B contiene las esquinas 3, 4, 5 y 6, ¿cuál es el nombre de la línea donde se intersecta en las superficies A y B?
10. Si la vista superior de un objeto muestra una perforación, ¿cuántas líneas ocultas serían necesarias en la vista frontal para describir la perforación ?

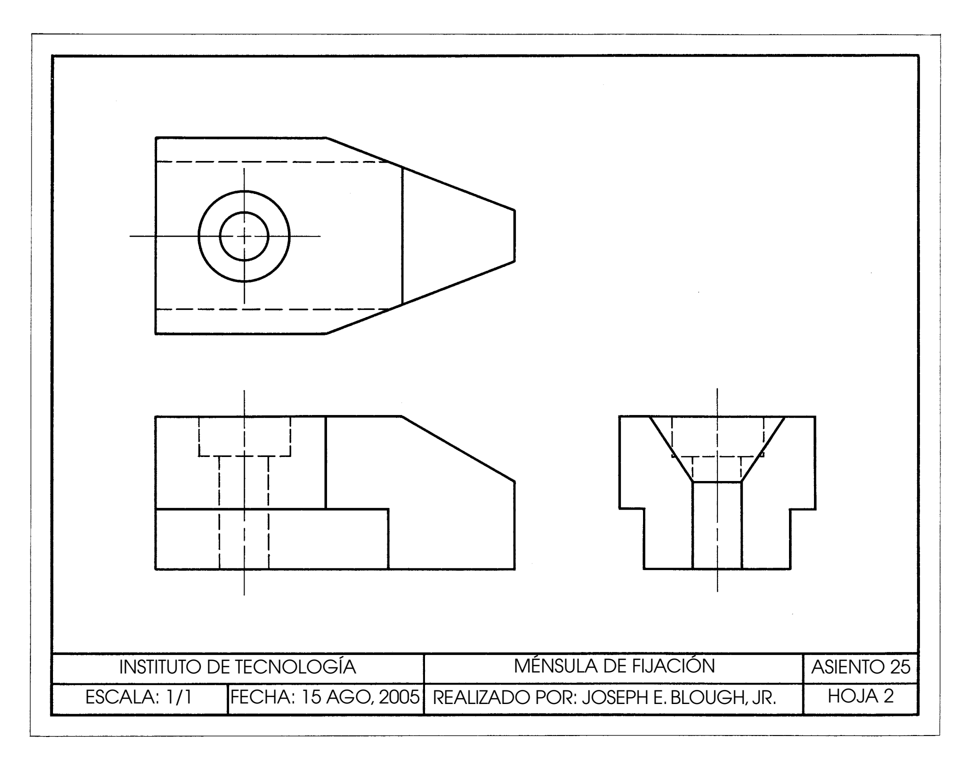
PROYECTOS PARA LA PROYECCIÓN DE VISTAS MÚLTIPLES

Los siguientes problemas están diseñados para ser bosquejados a mano alzada en papel milimétrico, cuadriculado u hojas blancas. Se sugiere utilizar disposiciones como la A-1, que puede encontrarse al final de este libro, pero su profesor puede preferir un tamaño de hoja o disposiciones distintos. Use unidades métricas o pulgadas según se indique. Las marcas mostradas indican unidades de 1/2 y 1/4 pulg, o 10 mm y 5 mm Todos son perforaciones.

Para los siguientes problemas, use una distribución similar a la figura 5.59 o 5.60

n **FIGURA 5.59** n Distribución sugerida para bosquejos a mano alzada (esquemas A-2 o A4-2 ajustados).





n **FIGURA 5.60** n Distribución sugerida para dibujo mecánico (esquemas A-3 o A4-3 ajustados).

PROYECTO DE DISEÑO

Los aparatos portátiles como reproductores de CD, teléfonos y computadoras laptop son cada vez más populares. Diseñe otro artículo portátil que pudiera ser útil, o haga una mejora a un producto existente. En su diseño, trate de incorporar comodidad, funcionalidad, confort y durabilidad con una apariencia agradable. Considere materiales ligeros y mecanismos cinemáticos para plegar y transportar el mismo artículo. Represente su idea mediante el uso de proyecciones ortogonales.

1 2 3 4

5 6 7 8

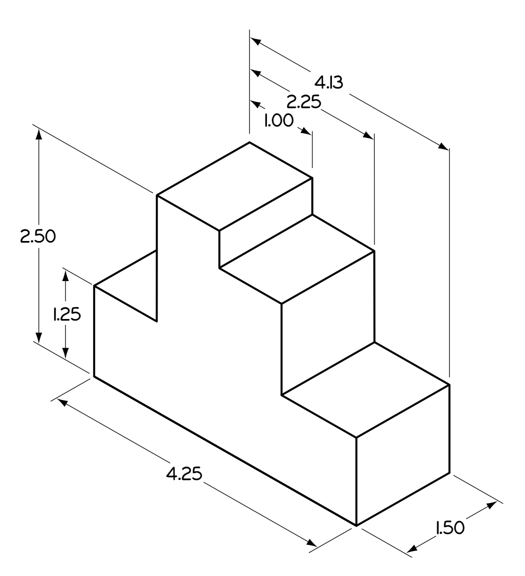
9 10 11 12

13 14 15 16

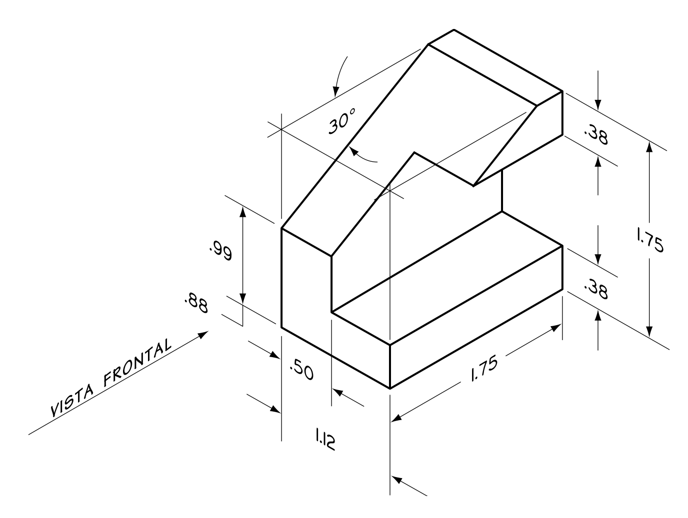
17 18 19 20

21 22 23 24

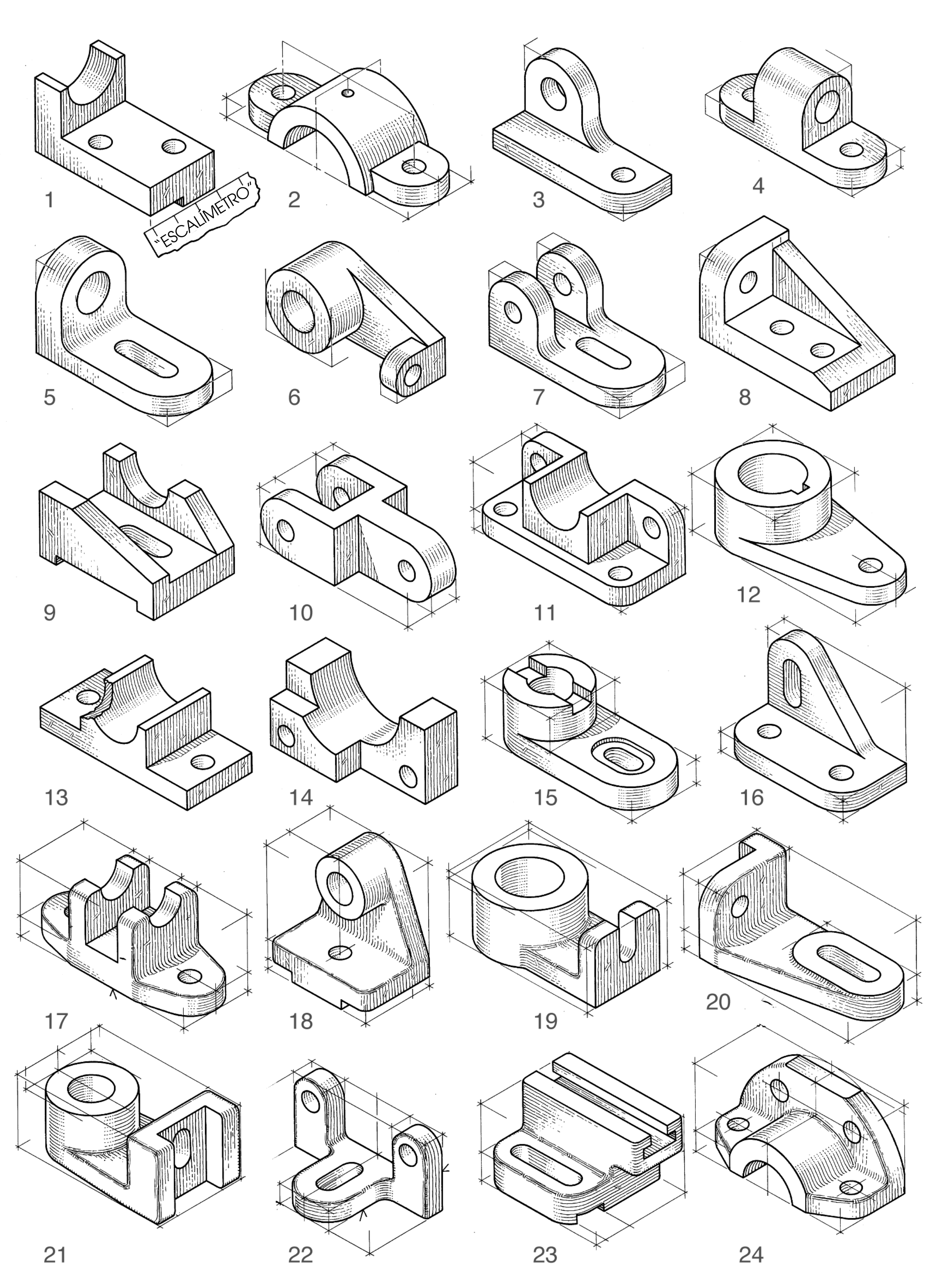
n **FIGURA 5.61** n Problemas de bosquejo con vistas múltiples. Bosqueje las vistas necesarias en papel milimétrico u hojas blancas, dos bosquejos por hoja. Las unidades que se muestran pueden ser de .500 y .250 pulg o 10 mm y 5 mm Todos son perforaciones.



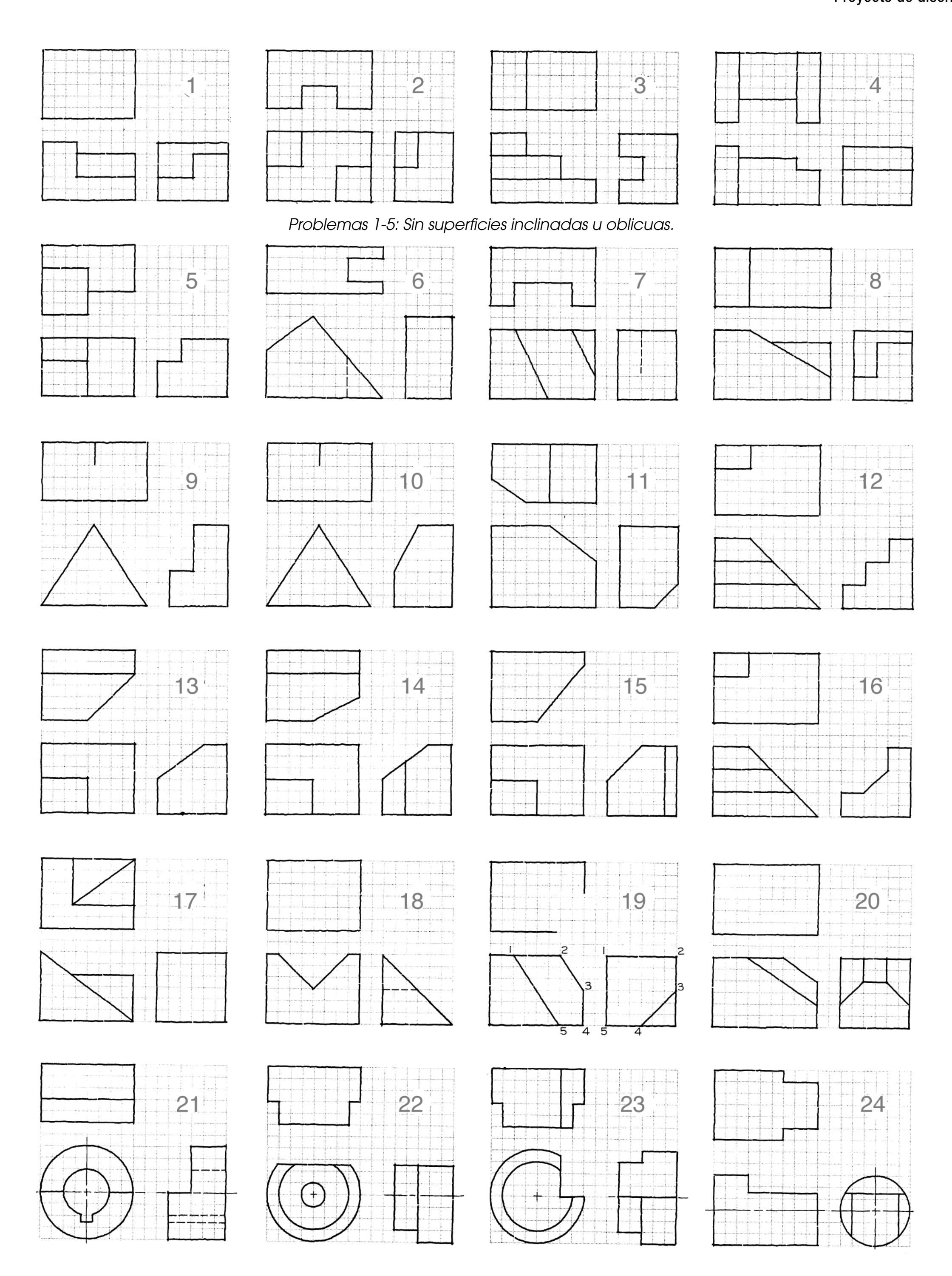
n **FIGURA 5.62** n Separador. Dibuje y bosqueje todas las vistas necesarias. (Esquema C-3 o A2-3).



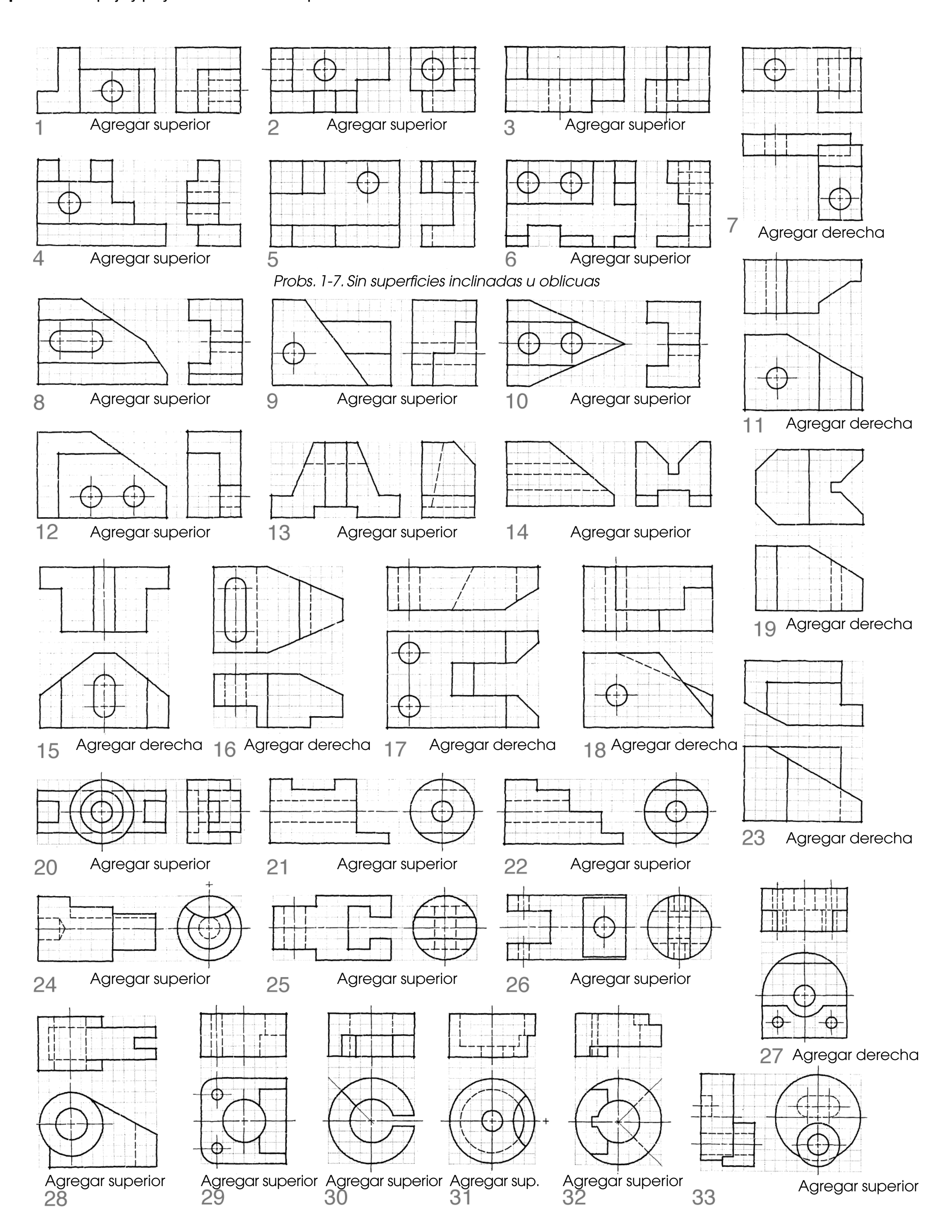
n **FIGURA 5.63** n Corredera. Dibuje y bosqueje todas las vistas necesarias. (Esquema C-3 o A2-3).



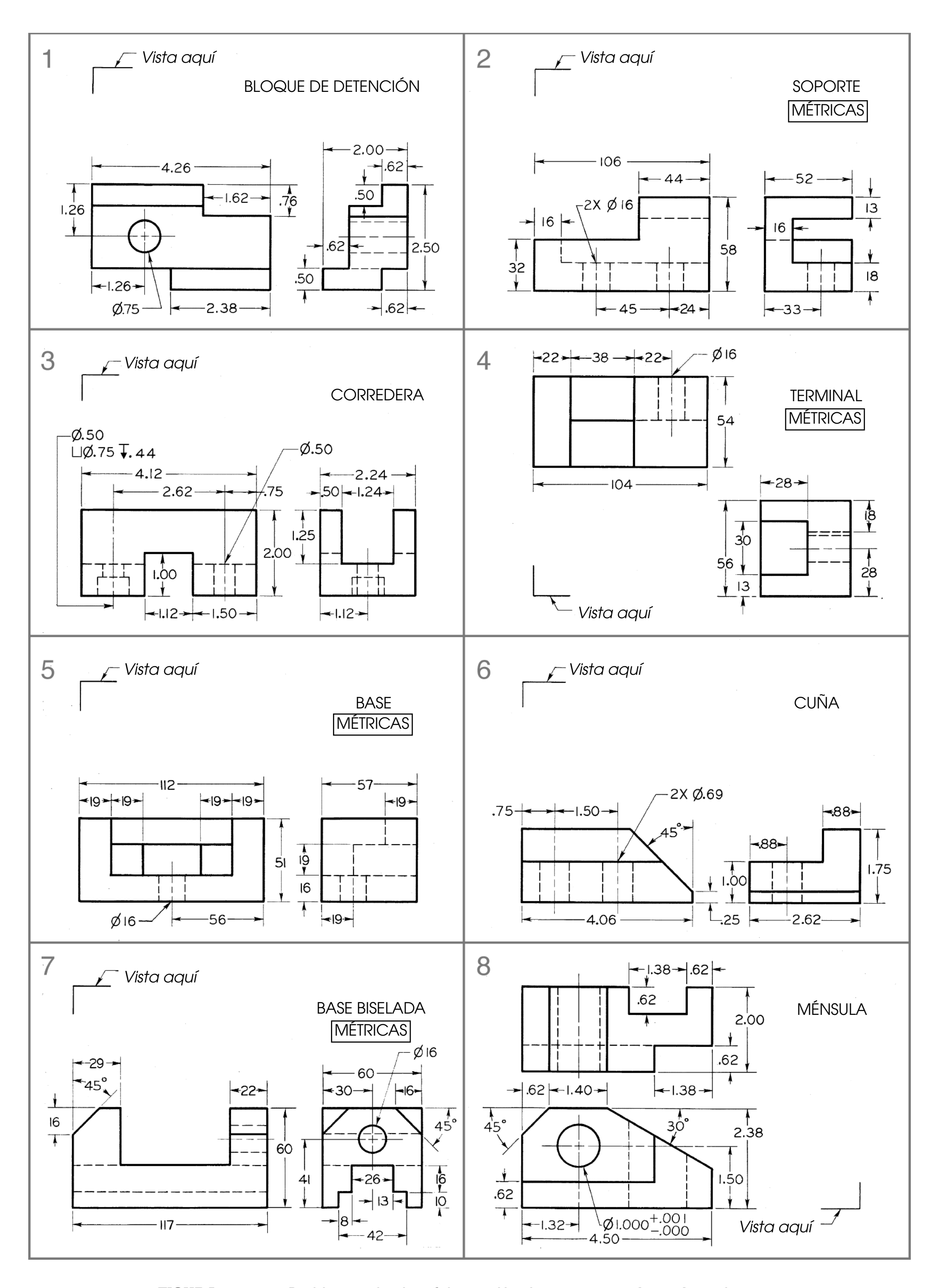
n **FIGURA 5.64** n Problemas de bosquejo con vistas múltiples. Bosqueje las vistas necesarias en papel milimétrico u hojas blancas, dos diseños por hoja. Prepare la escala del papel con divisiones iguales a las del problema 1 y aplíquelas a los problemas para obtener tamaños aproximados. Haga cada división de .500 pulg o 10 mm en su bosquejo.



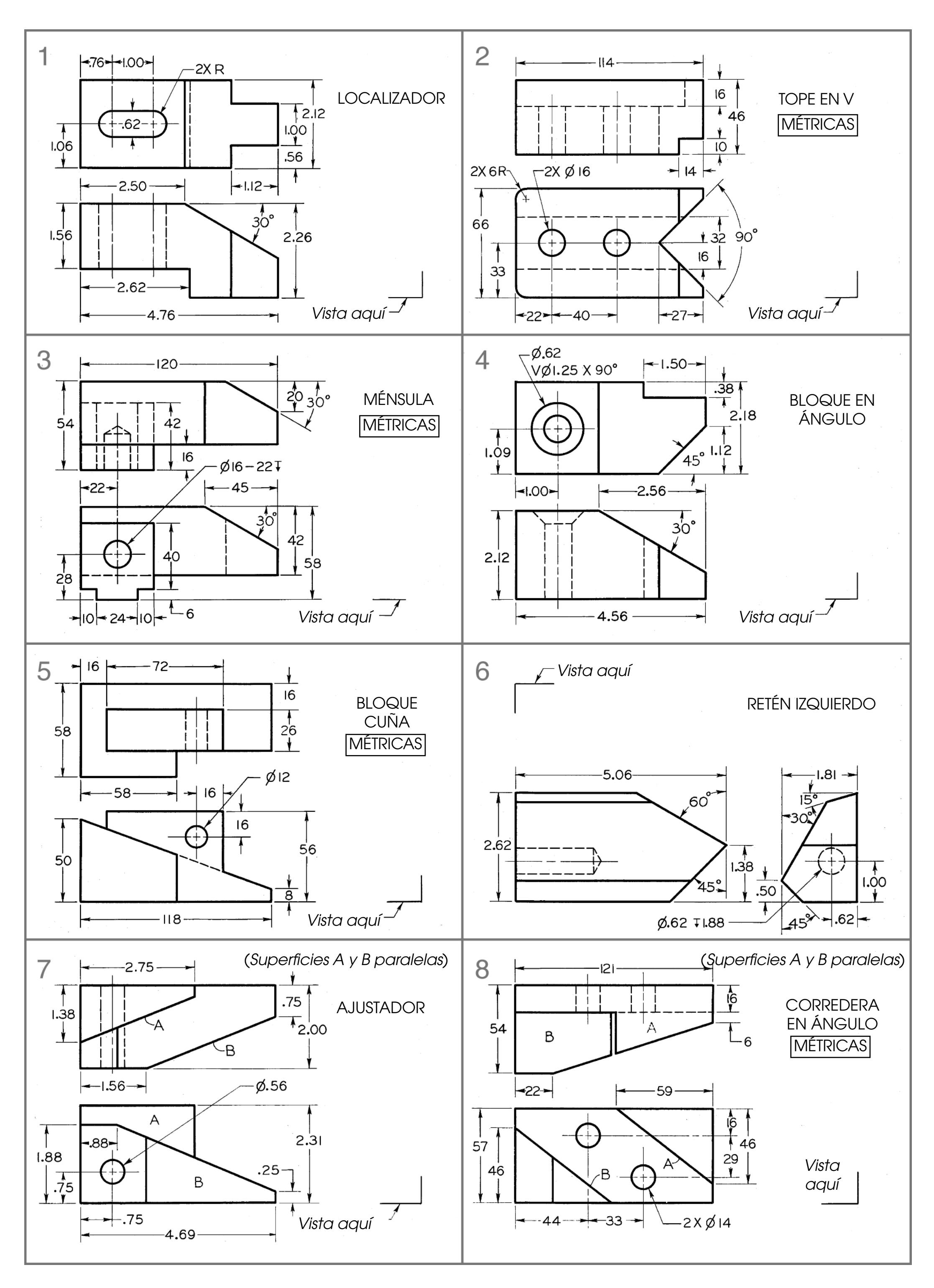
■ **FIGURA 5.65** ■ Problemas de bosquejo con líneas faltantes. (1) Bosqueje las vistas dadas sobre papel milimétrico u hojas blancas, dos diseños por hoja. Agregue las líneas faltantes. Los cuadrados pueden ser de .250 pulg o 5 mm. (2) Bosqueje en papel albanene o utilice papel isométrico.



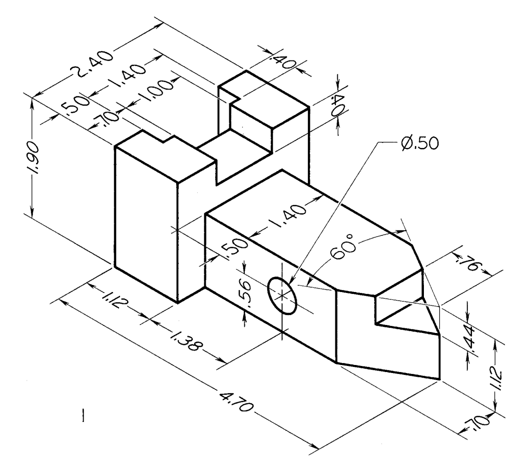
■ **FIGURA 5.66** ■ Problemas de bosquejo de la tercera vista. Bosqueje las dos vistas dadas y agregue las vistas faltantes. Los cuadros pueden ser de .250 pulg o 5 mm. Vea instrucciones en la página 150. Las vistas dadas son la frontal y la derecha o la frontal y la superior. Los barrenos ocultos con líneas centrales son perforaciones.



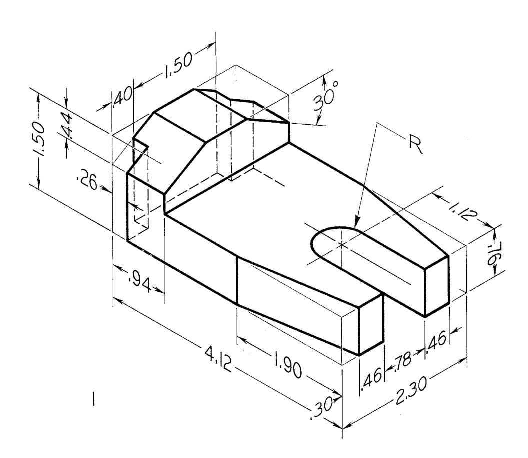
n **FIGURA 5.67** n Problemas de vista faltante. Use los esquemas A-2 o A-3 o los esquemas A4-2 o A4-3 (ajustados), para bosquejar o dibujar con instrumentos las vistas especificadas, y agregar la vista faltante. Si se requieren dimensiones, estudie el capítulo 9. Use dimensiones métricas o pulgadas decimales de acuerdo con las instrucciones de su profesor. Cuando sea posible, mueva las dimensiones para mejorar su ubicación. En los proyectos del 1 al 5, todas las superficies son normales.



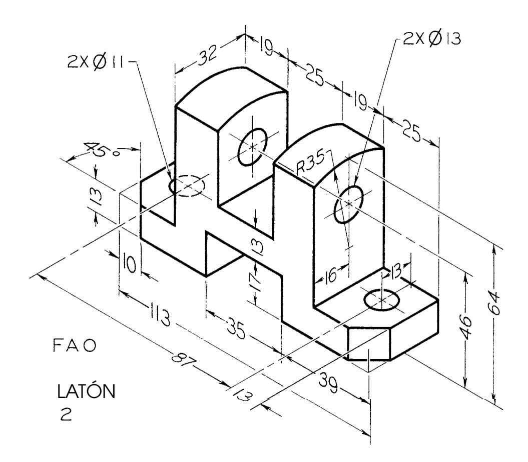
n **FIGURA 5.68** n Problemas de vista faltante. Use los esquemas A-2 o A-3 o los esquemas A4-2 o A4-3 (ajustados), para bosquejar o dibujar con instrumentos las vistas dadas, y agregar la vista faltante. Si se requieren dimensiones, estudie el capítulo 9. Use dimensiones del sistema internacional o sistema inglés de acuerdo con las instrucciones de su profesor. Cuando sea posible, mueva las dimensiones a mejores ubicaciones.



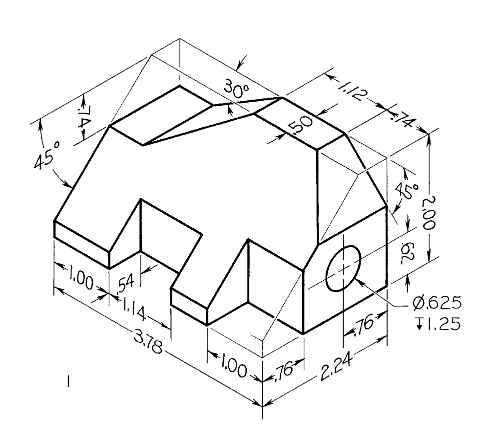
n **FIGURA 5.69** n Llave de seguridad. (Esquema A-3).*



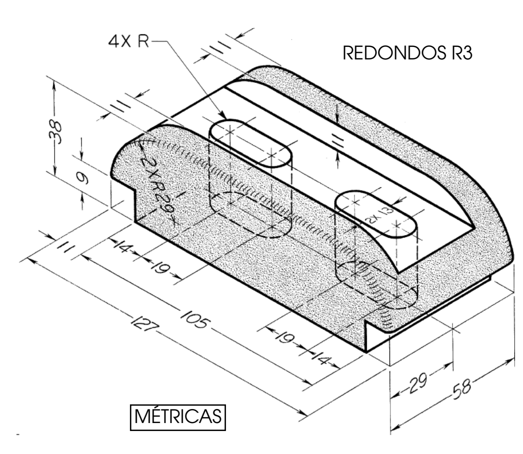
n **FIGURA 5.70** n Guía para retén. (Esquema A-3).*



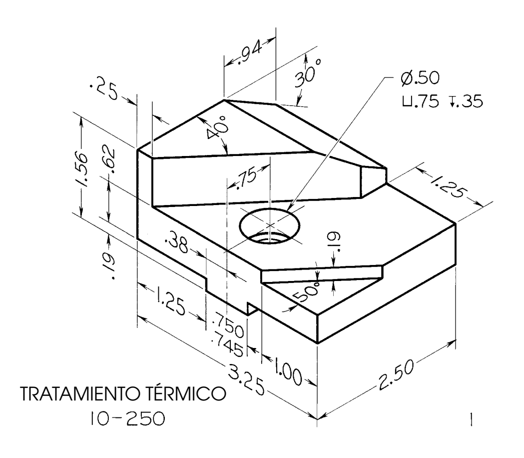
n **FIGURA 5.71** n Soporte de varilla. (Esquema A-3).*



n **FIGURA 5.72** n Recipientes de herramientas. (Esquema A-3).*

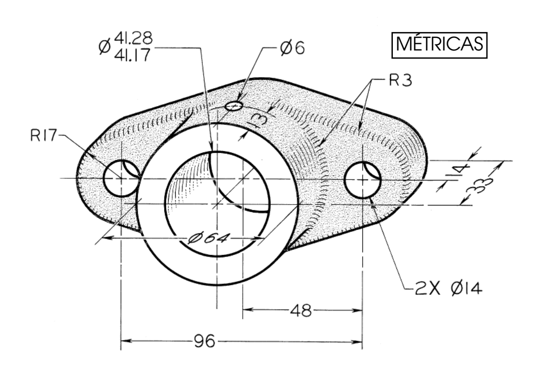


n **FIGURA 5.73** n Abrazadera corrediza. (Esquema A-3).*

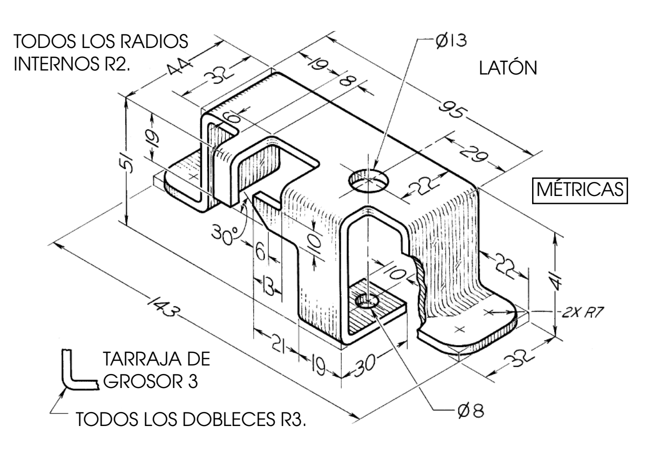


n **FIGURA 5.74** n Alimentador índice. (Esquema A-3) *

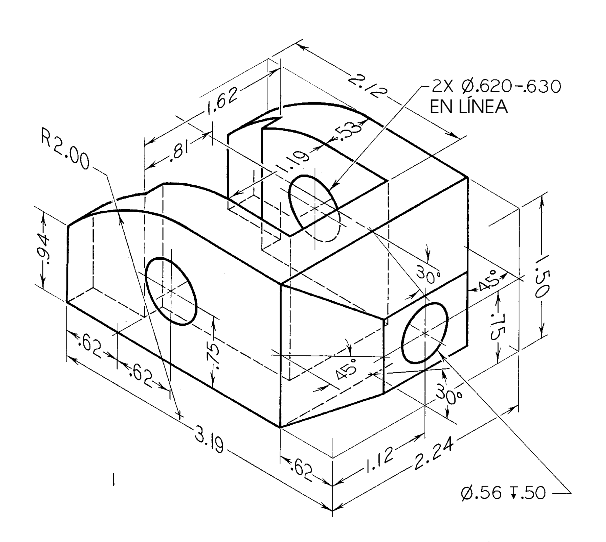
**Dibuje o bosqueje las vistas necesarias. Si se requieren dimensiones, estudie el capítulo 9. Use dimensiones en sistema internacional o sistema inglés de acuerdo con las instrucciones de su profesor.*



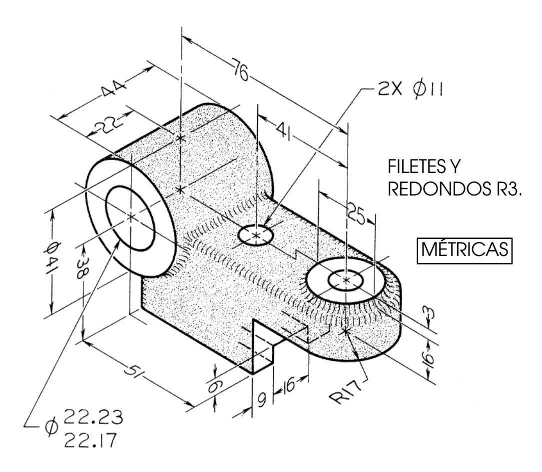
■ **FIGURA 5.75** ■ Chumacera. (Esquema A-3).*



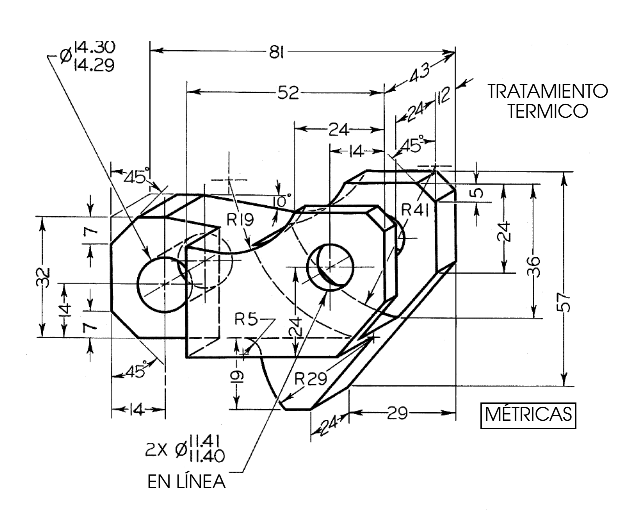
■ **FIGURA 5.76** ■ Clip de sujeción. (Esquema A-3).*



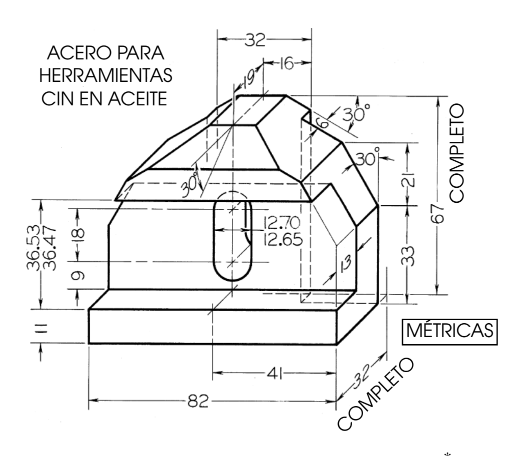
■ **FIGURA 5.77** ■ Leva. (Esquema A-3).*



■ **FIGURA 5.78** ■ Brazo índice. (Esquema A-3).*

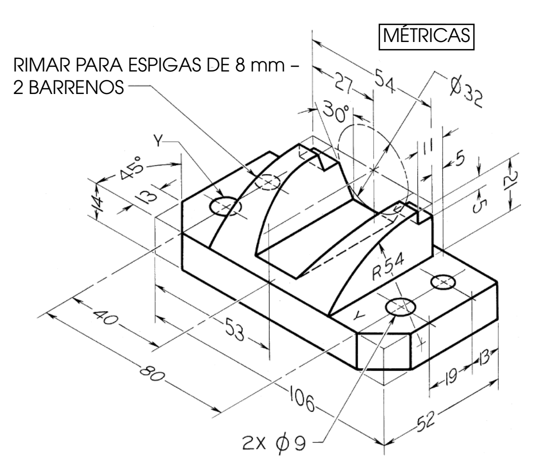


■ **FIGURA 5.79** ■ Palanca de rodillo. (Esquema A-3).*

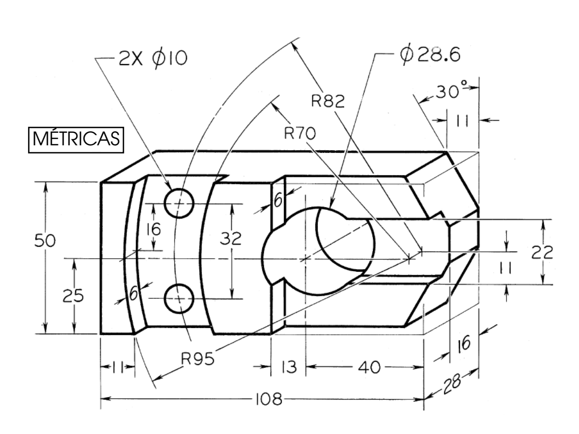


■ **FIGURA 5.80** ■ Soporte. (Esquema A-3).*

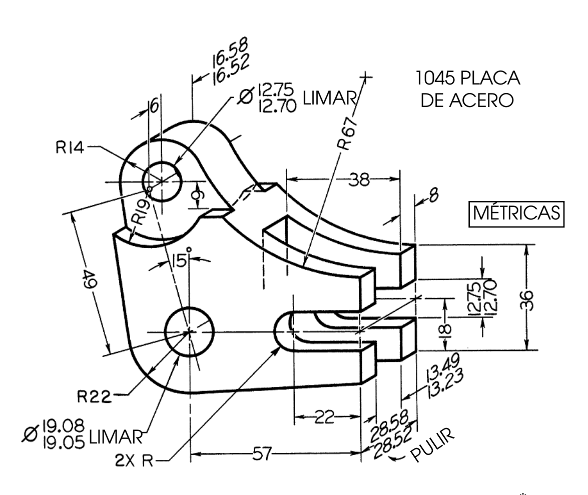
**Dibuje o bosqueje las vistas necesarias. Si se requieren dimensiones, estudie el capítulo 9. Use medidas métricas o del sistema inglés de acuerdo con las instrucciones de su profesor.*



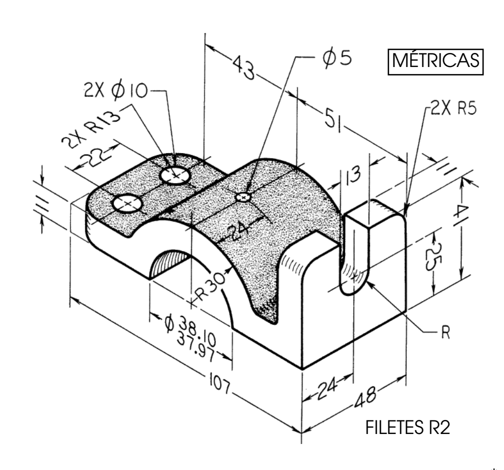
n **FIGURA 5.81** n Retén localizador. (Esquema A-3).*



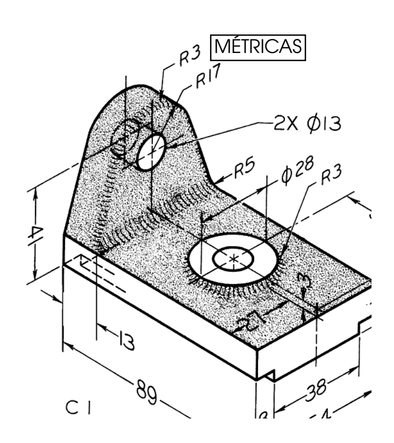
n **FIGURA 5.84** n Corredera índice. (Esquema A-3).*



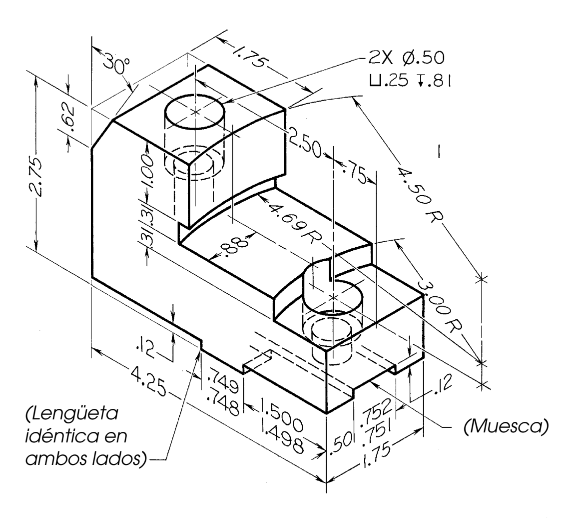
n **FIGURA 5.82** n Palanca de fiador. (Esquema A-3).*



n **FIGURA 5.85** n Guía para marco. (Esquema A-3).*

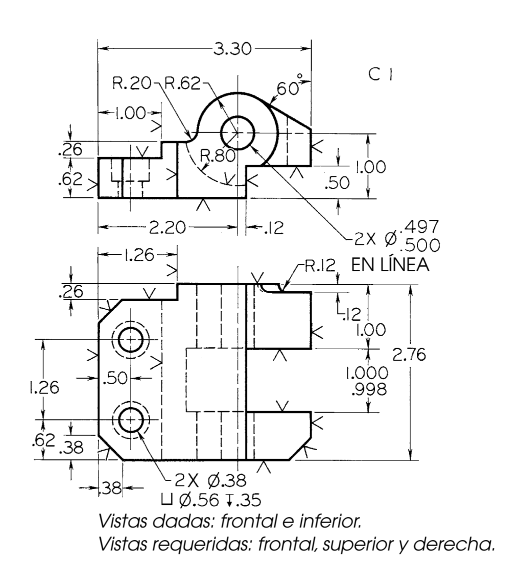


n **FIGURA 5.83** n Soporte de corte. (Esquema A-3).*

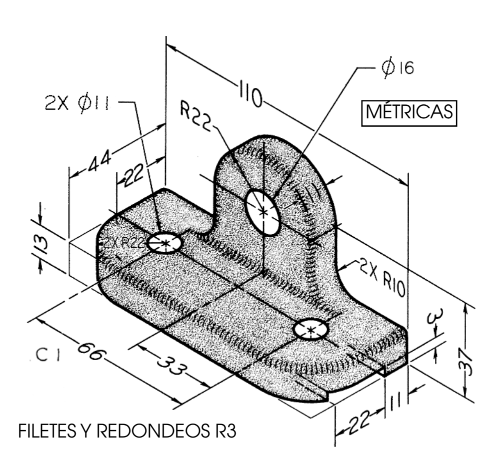


n **FIGURA 5.86** n Mordaza de boquilla. (Esquema A-3).*

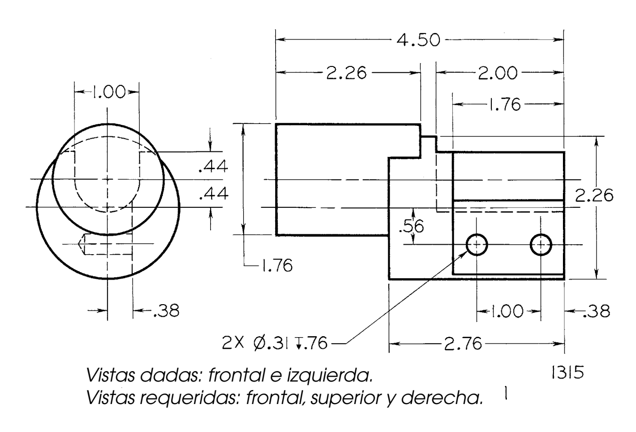
**Dibuje o bosqueje las vistas necesarias. Si se requieren dimensiones, estudie el capítulo 9. Use dimensiones métricas o en sistema internacional o sistema inglés de acuerdo con las instrucciones de su profesor.*



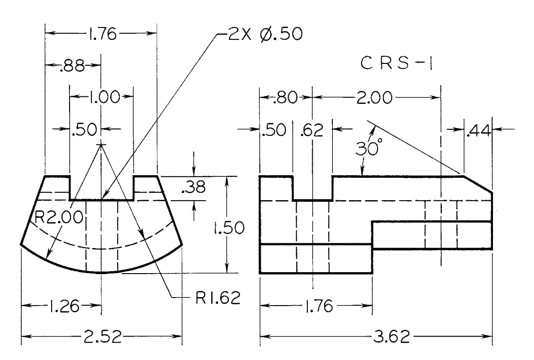
n **FIGURA 5.87** n Ménsula de bisagra. (Esquema A-3).*



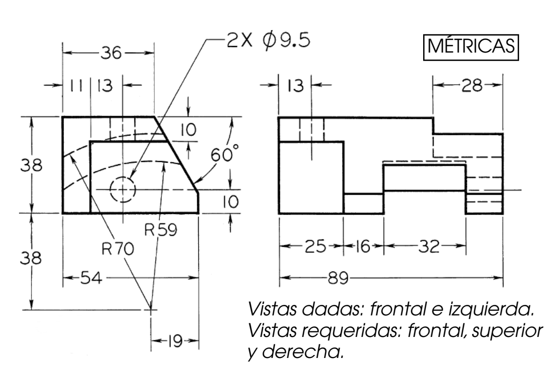
n **FIGURA 5.90** n Tope de alimentación cruzada. (Esquema A-3).*



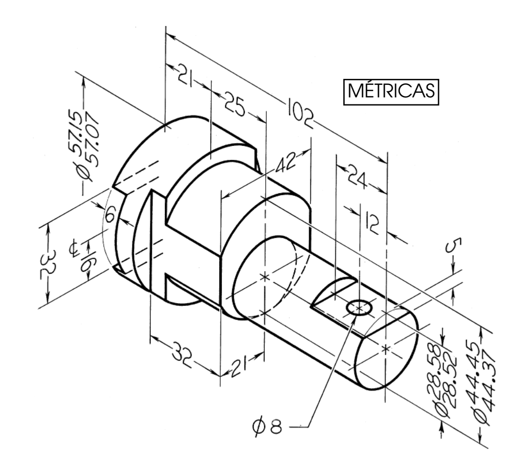
n **FIGURA 5.88** n /Receptáculo de herramientas. (Esquema A-3).*



n **FIGURA 5.91** n Leva cruzada. (Esquema A-3).*



n **FIGURA 5.89** n Bloque de cambios. (Esquema A-3).*



n **FIGURA 5.92** n Travesaño para rodillo. (Esquema A-3).*

**Dibuje o bosqueje las vistas necesarias. Si se requieren dimensiones, estudie el capítulo 9. Use dimensiones métricas o en sistema internacional o sistema inglés de acuerdo con las instrucciones de su profesor*

Capítulo 6

Bosquejos ilustrativos

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Describir las diferencias entre la proyección de vistas múltiples, la proyección axonométrica, la proyección oblicua y la perspectiva.**
2. **Enumerar las ventajas de la proyección de vistas múltiples, la proyección axonométrica, la proyección oblicua y la perspectiva.**
3. **Crear un bosquejo isométrico a partir de un dibujo con vistas múltiples.**
4. **Medir a lo largo de cada eje isométrico.**
5. **Elaborar superficies inclinadas y oblicuas en modo isométrico.**
6. **Elaborar ángulos, elipses y curvas irregulares en modo isométrico.**
7. **Describir cómo se crea una proyección oblicua.**
8. **Bosquejar dibujos oblicuos *cavalier* y de gabinete.**
9. **Saber cómo colocar los círculos cuando se crea un dibujo oblicuo.**
10. **Describir por qué el software de CAD no crea dibujos oblicuos de manera automática.**
11. **Diseñar perspectivas de uno y dos puntos.**

PANORAMA

Los dibujos de vistas múltiples hacen posible representar con exactitud objetos complejos a través de una serie de vistas, donde cada una de ellas muestra sólo dos de las tres dimensiones principales; es decir, nunca muestran longitud, profundidad y altura juntas. Los dibujos ilustrativos (ANSI/ASME Y14.4M-1998 (R1994)), que lucen más como una fotografía que como un dibujo de vistas múltiples, se usan para comunicar con rapidez las ideas de los diseñadores, para desarrollar pensamientos propios durante el proceso de diseño y, algunas veces, para hacer más claros, y mejorar los dibujos difíciles de leer cuando se presentaran en otra forma. Los ilustrativos pueden entenderse con facilidad aun sin tener capacitación técnica.

Existen diferentes tipos de dibujos ilustrativos que se usan de manera extensa en catálogos, muestrarios para venta y trabajos técnicos. Por ejemplo, se utilizan para obtener patentes, mostrar el proceso de diseño de tuberías y describir en forma general el diseño de máquinas, estructuras, edificios y muebles. Los dibujos creados por medio de técnicas de modelado tridimensional en computadora mediante CAD pueden usarse con mucha eficacia para presentar ideas de diseño, ayudar a la mercadotecnia del producto y para auxiliar en la inspección visual de los ajustes, el ensamblaje y otros aspectos del diseño. Por lo general, los ilustrativos no contienen dimensiones porque no muestran al objeto con exactitud. Los bosquejos de este tipo constituyen una ayuda invaluable en el proceso de diseño.

6.1 ▪ MÉTODOS DE PROYECCIÓN

En el capítulo 1 se describieron los tipos principales de sistemas de proyecciones paralelas y perspectivas, que a su vez se dividen en otros subtipos, como se muestra en la figura 6.1. Los bosquejos pueden crearse mediante el uso de la proyección perspectiva o la proyección paralela. En este capítulo se analizará la forma de crear bosquejos en isométrico, oblicuos y en perspectiva. Los cuatro tipos principales de proyección se ilustran en la figura 6.2; todos ellos son del tipo ilustrativo excepto la proyección regular con vistas múltiples, debido a que muestra varios lados del objeto en una sola vista. En todos los casos, las vistas se forman por proyección (la cual se describió en capítulos previos). En la perspectiva las proyecciones convergen en un punto; todos los otros tipos de proyección presentados son paralelos.

Tanto en la ***proyección de vistas múltiples*** como en la ***proyección axonométrica***, los rayos visuales son paralelos entre sí y perpendiculares al plano de proyección. Por lo tanto, ambas se clasifican como ***proyecciones ortogonales***.

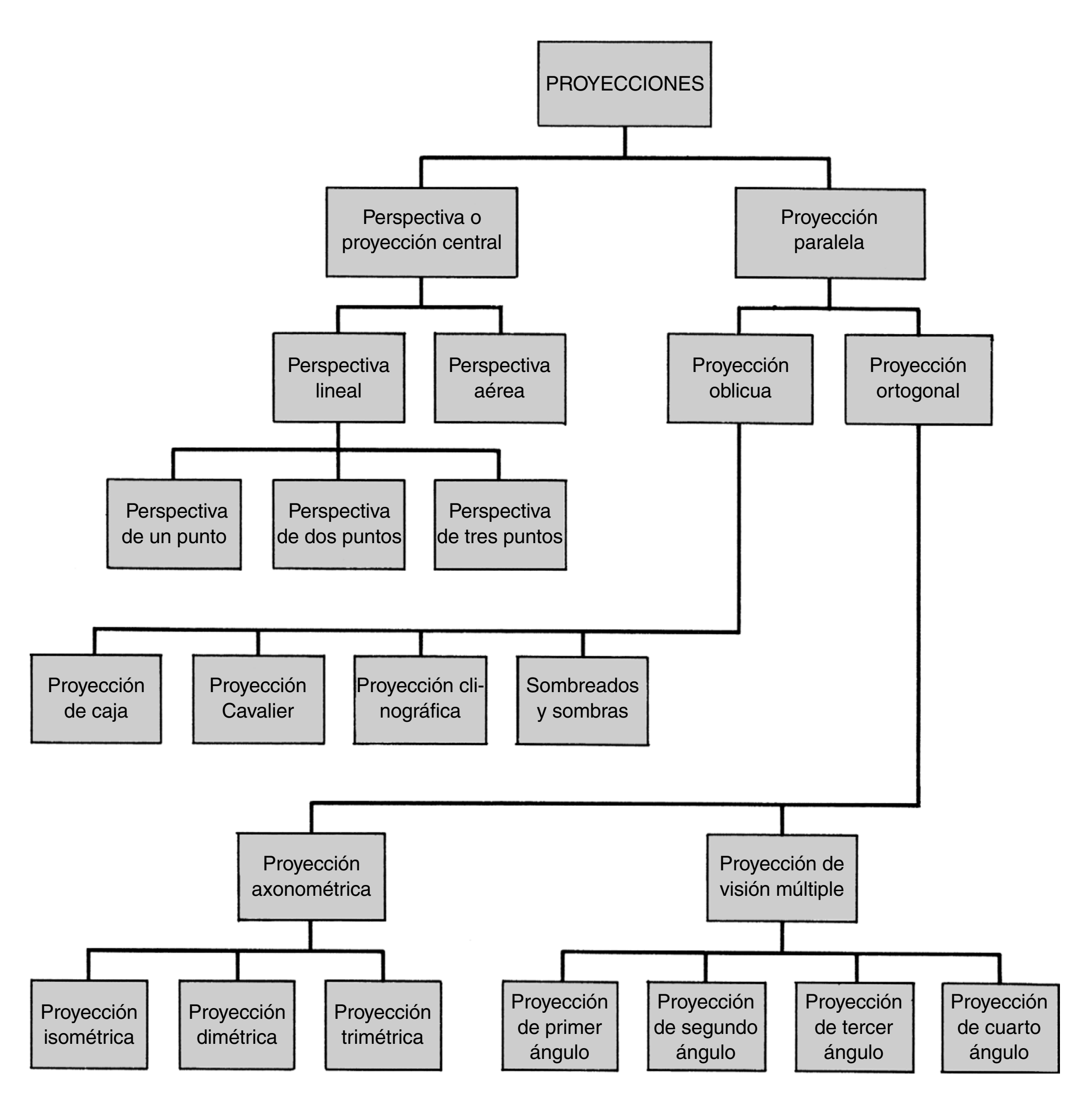
En la ***proyección oblicua***, los rayos visuales son paralelos entre sí pero oblicuos (en un ángulo distinto a 90°) al plano de proyección. Esto produce un efecto visual donde por lo general la superficie frontal se muestra en su tamaño verdadero y otras superficies se presentan acortadas. Es fácil elaborar dibujos oblicuos y tienen la ventaja de que las formas circulares en las vistas a tamaño verdadero no se distorsionan como elipses. Sin embargo, las vistas oblicuas no son muy realistas; nunca se observan en la vida real.

En los ***bosquejos en perspectiva***, los rayos visuales se extienden hacia el ojo del observador a partir de todos los puntos del objeto para formar un cono de rayos. Este tipo de dibujo ilustrativo es el más realista, pero también es el más difícil de dibujar. Con frecuencia, los sistemas CAD pueden generar de manera automática ***vistas perspectivas*** e isométricas a partir de modelos tridimensionales.

6.2 ▪ PROYECCIÓN AXONOMÉTRICA

El elemento distintivo de la proyección axonométrica, en comparación con la proyección de vistas múltiples, es que el objeto está inclinado respecto al plano de proyección (figura 6.2b). Debido a esta inclinación, las longitudes de la línea, los tamaños de los ángulos y las proporciones generales dependen de la orientación exacta que tiene el objeto respecto al plano de proyección. La figura 6.3 muestra tres proyecciones axonométricas de un cubo.

En estos casos, los bordes del cubo están inclinados respecto al plano de proyección y por lo tanto se acortan. El grado de acortamiento de cualquier línea depende de su ángulo respecto al plano de proyección; entre más grande sea el ángulo, mayor será el acortamiento. Los tres bordes del cubo que se unen en la esquina más cercana al observador se consideran los ***ejes axonométricos***. Después de determinar el grado de acortamiento para cada eje, pueden construirse escalas para medir a lo largo de estos bordes o a lo largo de cualesquiera



■ **FIGURA 6.1** ■ Clasificación de proyecciones.

otros ejes paralelos. Como se muestra en la figura 6.3, las proyecciones axonométricas se clasifican como ***proyecciones isométricas*** (todos los ejes igualmente acortados), ***proyección dimétrica*** (dos ejes igualmente acortados) y ***proyección trimétrica*** (los tres ejes acortados en forma diferente, por lo que se requieren escalas distintas para cada eje).

El término ***isométrico*** significa medidas iguales. Para los dibujos isométricos, el objeto se inclina hacia el plano de visión de forma que todas sus dimensiones principales se acorten de igual manera en la dirección de cada eje. Los isométricos son relativamente fáciles de bosquejar y existe un papel de dibujo especial con una cuadrícula isométrica.

6.3 ■ BOSQUEJO ISOMÉTRICO

Cuando una superficie del objeto está inclinada respecto al plano de visión, ésta aparece acortada en las vistas estándar. Cuando se bosquejan vistas isométricas no es necesario calcular cuánto debe acortarse la superficie. Sólo se bosqueja a tamaño real. Como todas las superficies normales del objeto están igualmente acortadas, el bosquejo aparecerá en proporción. Esto se llama un *dibujo* o *bosquejo isométrico*. Cuando se prepara una vista isométrica mediante el uso de una escala isométrica acortada, o cuando el objeto se proyecta en realidad sobre un plano de proyección, esto se llama una proyección isométrica.

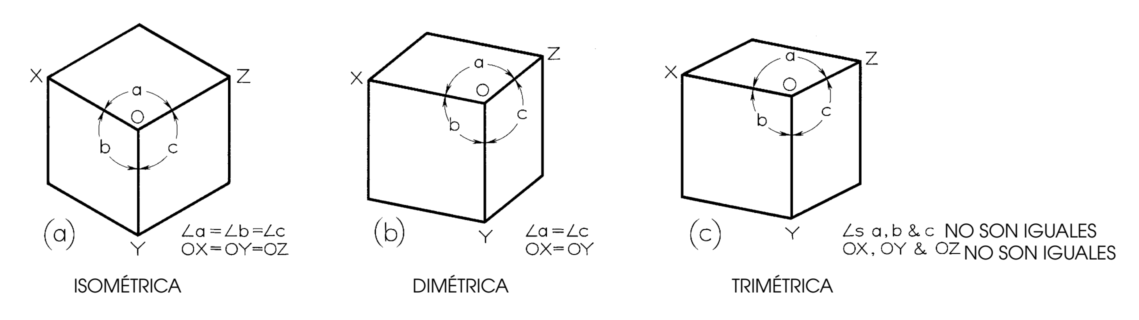
Rayos visuales paralelos entre sí y perpendiculares al plano
PLANO DE PROYECCIÓN
Objeto
LÍNEA DE MIRADA O VISUAL
–OBSERVADOR AL INFINITO
(a) PROYECCIÓN CON VISTAS MÚLTIPLES

Rayos visuales paralelos entre sí y perpendiculares al plano
PLANO DE PROYECCIÓN
Objeto
LÍNEA DE MIRADA O VISUAL
–OBSERVADOR AL INFINITO
30°
(Presentación isométrica)
(b) PROYECCIÓN AXONOMÉTRICA

Rayos visuales paralelos entre sí y oblicuos al plano
PLANO DE PROYECCIÓN
LÍNEA DE MIRADA O VISUAL
–OBSERVADOR AL INFINITO
Objeto
(c) PROYECCIÓN OBLICUA

PE
Rayos visuales que convergen en el ojo del observador (Punto estacionario PE)
PV HORIZONTE
OBSERVADOR A UNA DISTANCIA FINITA DEL OBJETO
PLANO VISUAL
Objeto
(d) PERSPECTIVA

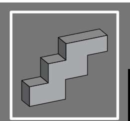
■ **FIGURA 6.2** ■ Cuatro tipos de proyección.



■ **FIGURA 6.3** ■ Proyecciones axonométricas.

La figura 6.4 muestra el contraste entre un isométrico y una proyección isométrica (el capítulo 9 analiza la proyección de vistas auxiliares). Una proyección isométrica es una segunda vista auxiliar. El isométrico es alrededor de 25 por ciento más grande que la proyección, pero es obvio que el valor ilustrativo de ambos es el mismo. Los bosquejos isométricos son mucho más fáciles de hacer y son tan útiles como una proyección isométrica.

Al crear isométricos, no siempre es necesario hacer mediciones exactas para localizar cada punto del bosque-

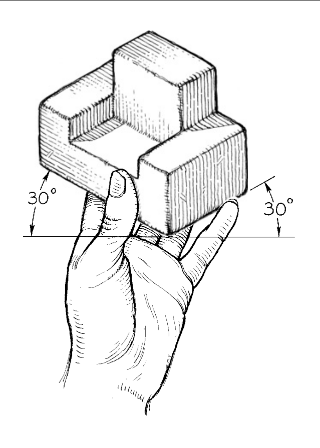


Paso a paso 6.1

Bosquejos isométricos a partir de un objeto

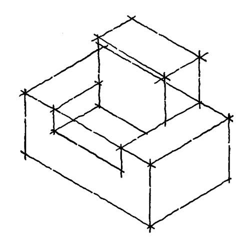
UBICACIÓN DEL OBJETO

Para hacer un isométrico de un objeto real, primero sostenga el objeto en la mano y después inclínelo hacia usted, como se muestra en la ilustración de la derecha. En esta posición la esquina frontal aparecerá vertical. Los dos bordes inferiores y los bordes paralelos a éstos deben aparecer aproximadamente a 30 grados respecto a la horizontal. Los pasos para bosquejar el objeto son los siguientes:

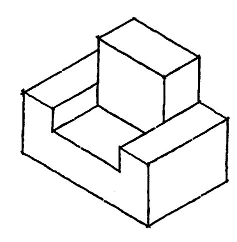


1. Elabore con líneas delgadas la caja que contendrá al objeto; en ella, AB es vertical y AC y AD forman un ángulo aproximado de 30 grados con la horizontal. Estas tres líneas son los ejes isométricos. Haga AB, AC y AD aproximadamente proporcionales en longitud a los ejes reales correspondientes en el objeto. Bosqueje las líneas paralelas restantes.

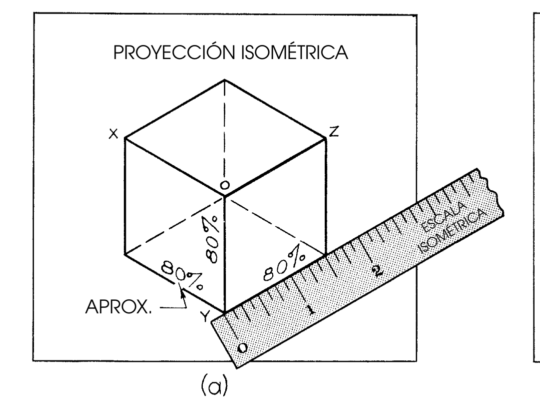
2. Esboce el hueco y el bloque saliente.

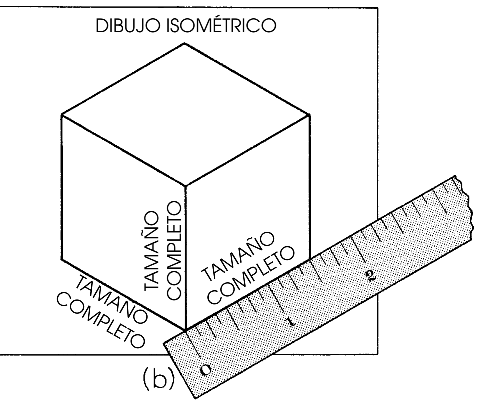


3. Oscurezca las líneas finales.

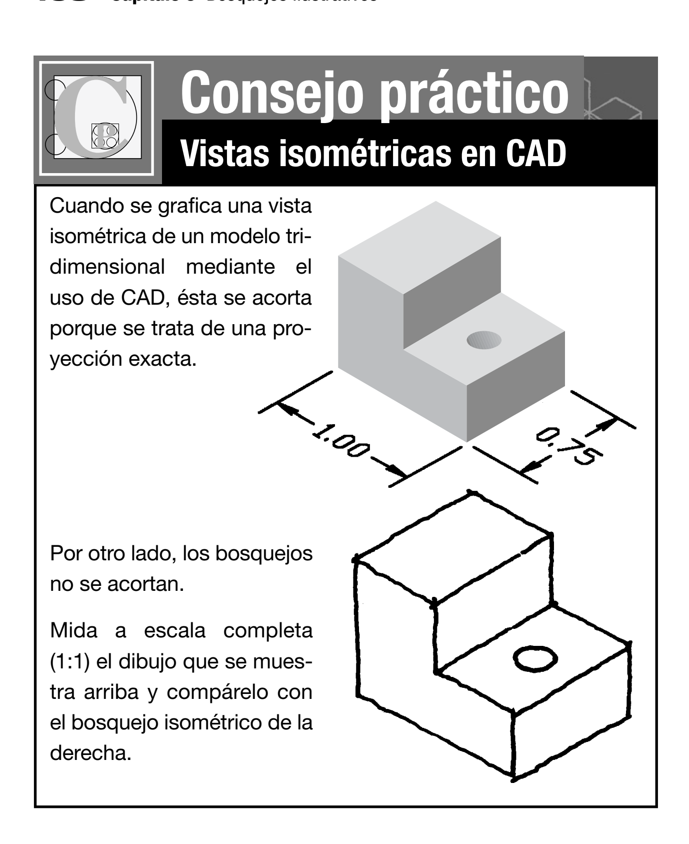


jo. En lugar de esto, debe mantenerse la proporción: si la altura del objeto parece ser el doble de la profundidad, así debe plasmarse en el bosquejo. Se recomienda utilizar las técnicas aprendidas en el capítulo 3 para estimar distancias y dibujar en proporción. Muchos de los ejemplos siguientes describen el uso de mediciones precisas, pero cuando se realiza un dibujo, lo más importante es que las proporciones globales del objeto y las relaciones entre los detalles se muestren con claridad y corrección. Los dibujos isométricos son muy útiles para mostrar representaciones de tuberías y diseños estructurales.





■ **FIGURA 6.4** ■ Escalas en isométrico y ordinarias.



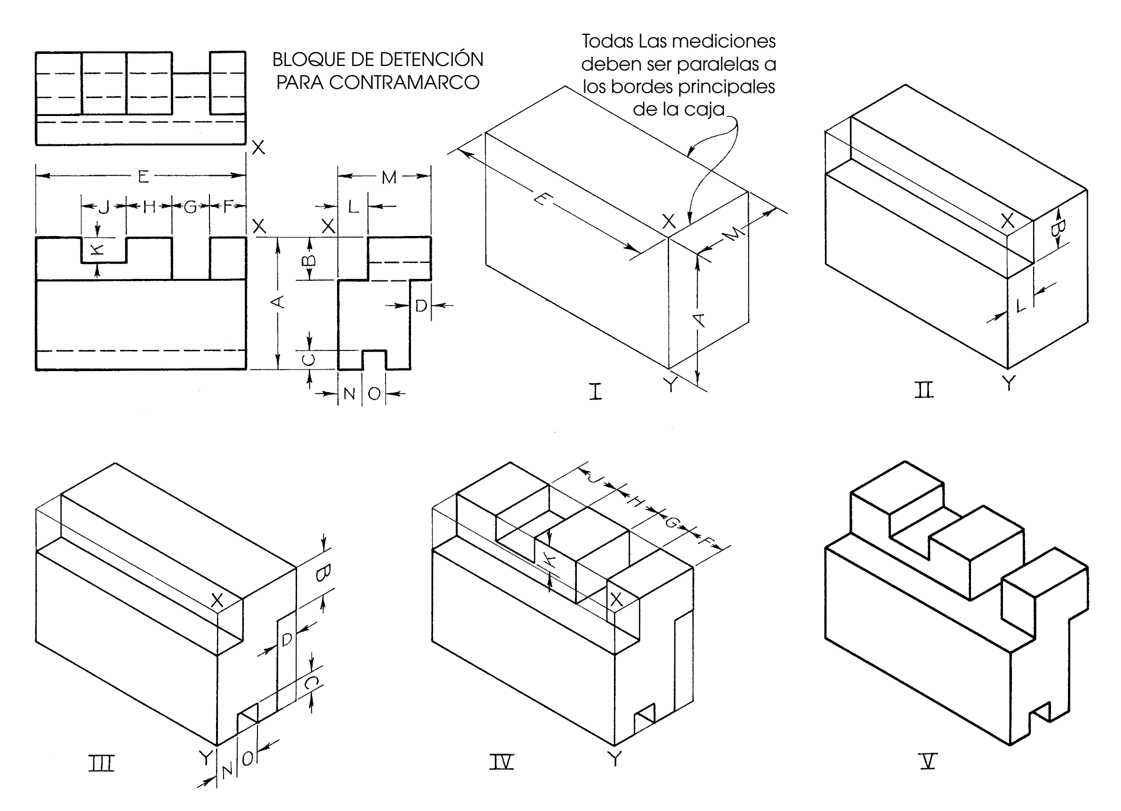
6.4 ■ SUPERFICIES NORMALES E INCLINADAS EN UNA VISTA ISOMÉTRICA

La figura 6.5 muestra la elaboración del bosquejo de un objeto que sólo tiene superficies normales. Observe que todas las mediciones se hacen paralelas a los bordes principales de la caja que contiene al dibujo; es decir, paralelas a los ejes isométricos. No puede realizarse ninguna medición directa a lo largo de una diagonal (línea no isométrica) de una superficie o a través del objeto. El objeto puede dibujarse en la misma posición a partir de la esquina "Y", o cualquier otra esquina, en lugar de la esquina "X".

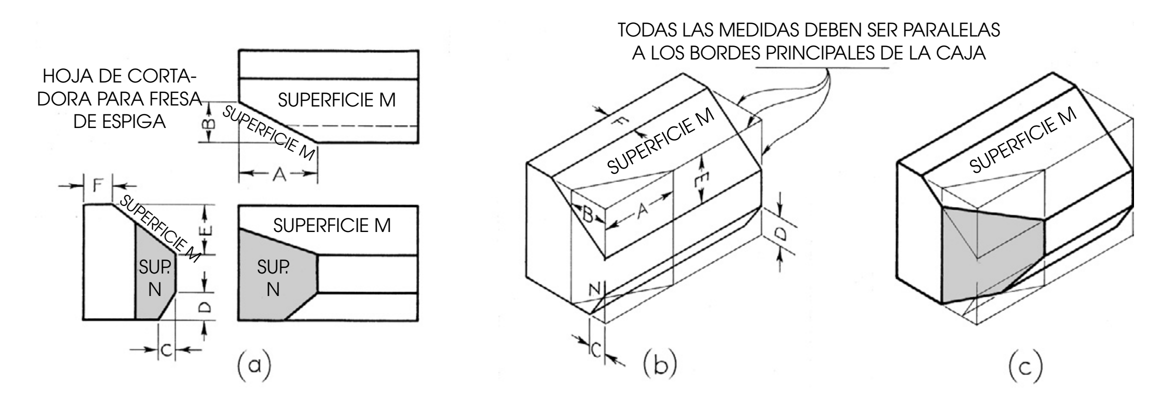
La figura 6.6 muestra la elaboración de un isométrico con superficies inclinadas (y bordes oblicuos). Observe que las superficies inclinadas se localizan con mediciones o coordenadas inferidas a lo largo de las líneas isométricas. Por ejemplo, las distancias E y F se usan para localizar la superficie inclinada M y las distancias A y B se para ubicar la superficie N.

6.5 ■ SUPERFICIES OBLICUAS EN UNA VISTA ISOMÉTRICA

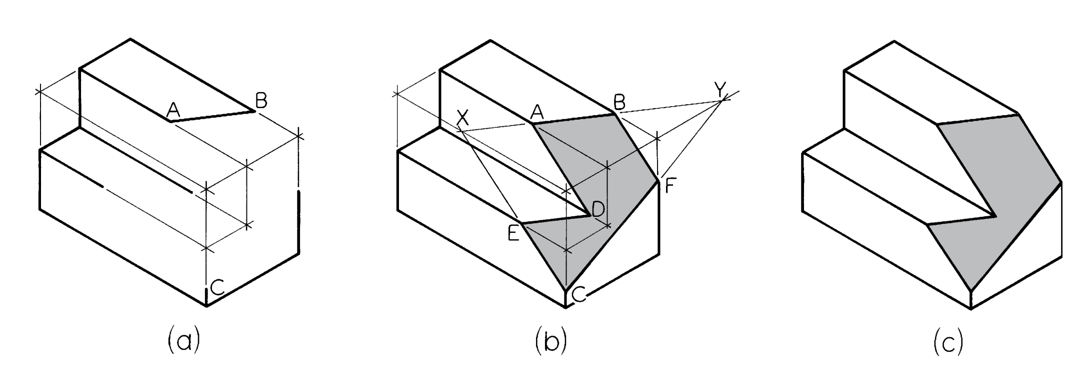
Las superficies oblicuas pueden dibujarse en vistas isométricas encontrando las intersecciones de dichas superficies



■ **FIGURA 6.5** ■ Dibujo isométrico de superficies normales.

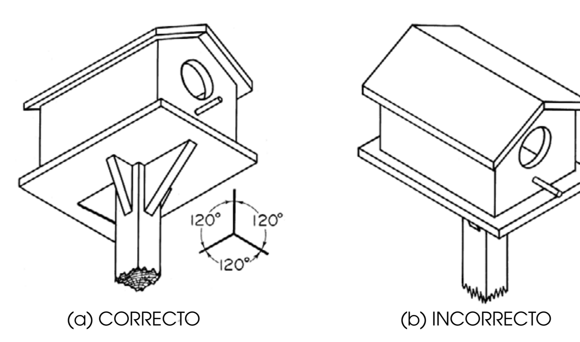


■ **FIGURA 6.6** ■ Superficies inclinadas en un dibujo isométrico.



■ **FIGURA 6.7** ■ Superficies inclinadas en un dibujo isométrico.

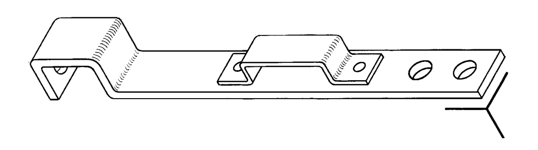
con los planos isométricos. Por ejemplo, en la figura 6.7a, el plano oblicuo contiene los puntos A, B y C. Localice el plano al extender la línea AB hacia "X" y "Y", que son puntos que comparten planos isométricos con el punto C (figura 6.7b). Dibuje las líneas XC y YC para localizar los puntos E y F. Después trace las líneas AD y ED (no olvide la regla: las líneas paralelas del objeto se conservan paralelas en cualquier vista). La figura 6.7c muestra el dibujo terminado.



■ **FIGURA 6.8** ■ Un objeto visto en forma natural desde abajo.

6.6 ■ OTRAS POSICIONES DE LOS EJES ISOMÉTRICOS

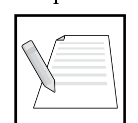
Se recomienda orientar el dibujo sobre los ejes isométricos de modo que la parte se muestre con la mayor claridad posible, sin necesidad de líneas ocultas. La figura 6.8 muestra una vista isométrica de una jaula de pájaros en dos orientaciones diferentes. La vista de abajo muestra más de los detalles de su construcción y, por lo tanto, puede ser una mejor opción dependiendo del propósito. Si el objeto es particularmente largo, oriéntelo de manera horizontal para un mejor efecto (figura 6.9).



■ **FIGURA 6.9** ■ Eje horizontal largo.

6.7 ■ MEDICIONES ACOTADAS

Es posible localizar un punto nuevo a partir de una esquina existente (figuras 6.10 y 6.11). Primero encierre el bloque principal, después trace las líneas CA y BA para localizar la esquina A del pequeño bloque o hueco rectangular. Éstas se llaman ***mediciones inferidas o acotadas*** y, como son paralelas a los bordes normales del objeto, serán paralelas a los mismos bordes en el dibujo isométrico.



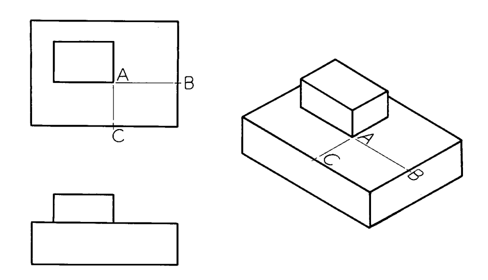
La hoja de trabajo 6.1 proporciona una práctica inicial en la realización de bosquejos isométricos y mediciones inferidas.

6.8 ■ ELIPSES ISOMÉTRICAS

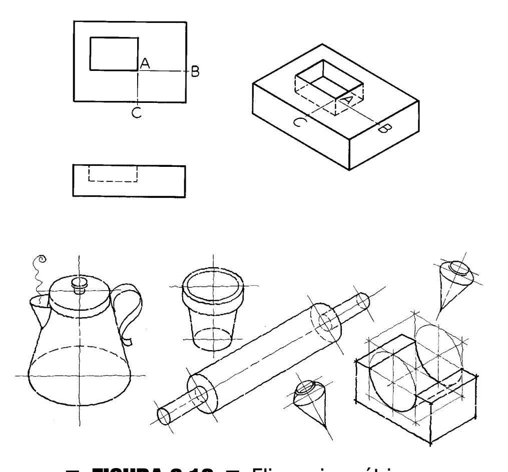
Cuando se colocan objetos con formas cilíndricas o cónicas en posiciones isométricas u otras posiciones oblicuas, los círculos se observan a cierto ángulo, de tal manera que parecerían como elipses (figura 6.12).

Cuando se dibujan elipses isométricas, debe tenerse en mente que el eje mayor de la elipse siempre forma un ángulo recto con la línea central del cilindro, y que el eje menor está en un ángulo recto con el eje mayor y coincide con la línea central.

■ **FIGURA 6.10** ■ Mediciones acotadas o inferidas.



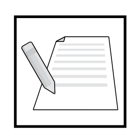
■ **FIGURA 6.11** ■ Mediciones de localización acotadas o inferidas.



■ **FIGURA 6.12** ■ Elipses isométricas.

6.9 ■ ARCOS EN VISTAS ISOMÉTRICAS

La figura 6.13 muestra una vista isométrica de un objeto de esquinas redondeadas. Para elaborar arcos en una vista isométrica use el radio y esboce la elipse a lo largo de las líneas adecuadas de los ejes isométricos. En este caso, el radio R se mide a partir de la esquina de construcción para localizar el centro del arco elíptico. Observe que el radio R no permanece en un valor constante cuando el arco se muestra en una vista isométrica.

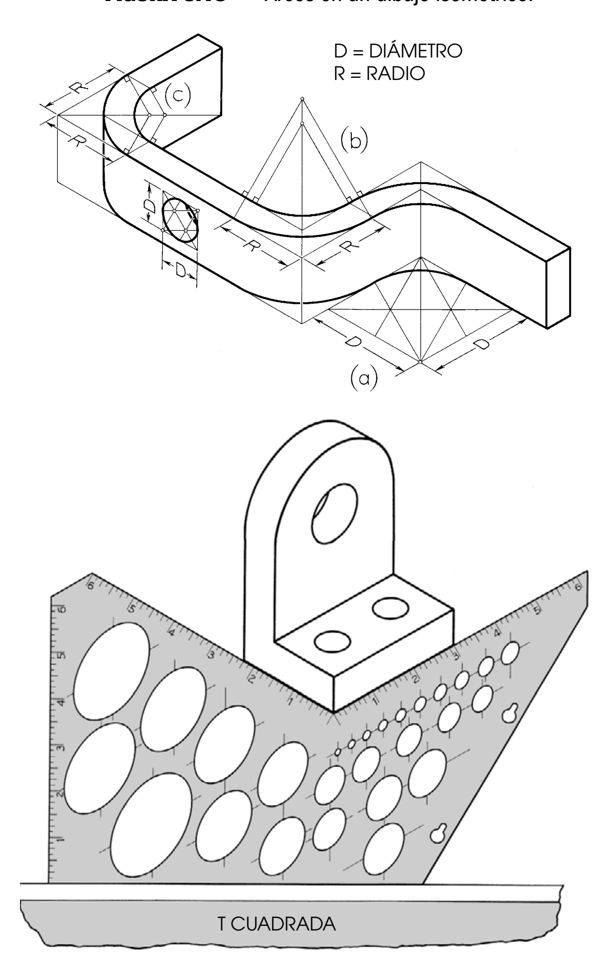


En la hoja de trabajo 6.2 se proporciona una práctica para el bosquejo de elipses y arcos elípticos en dibujos isométricos.

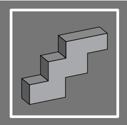
6.10 ■ PLANTILLAS DE ELIPSES ISOMÉTRICAS

La plantilla que se muestra en la figura 6.14 combina ángulos, escalas isométricas acortadas y elipses. Las elipses cuentan con marcas que deben coincidir con las líneas centrales isométricas de los agujeros, que es una característica conveniente en el dibujo isométrico.

■ **FIGURA 6.13** ■ Arcos en un dibujo isométrico.



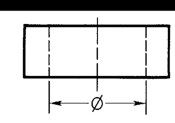
■ **FIGURA 6.14** ■ Plantilla isométrica Instrumaster.

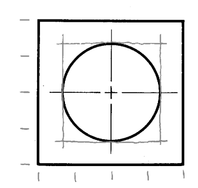


Paso a paso 6.2

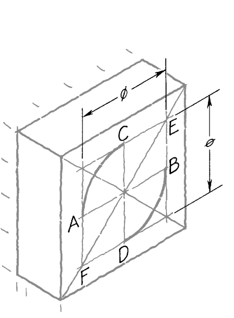
Dibujo de elipses isométricas

A continuación se muestran dos vistas de un bloque con un gran orificio cilíndrico. Los pasos para dibujar el objeto son los siguientes:

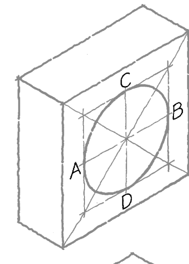




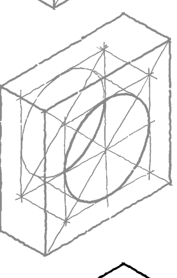
1. Dibuje el bloque y el paralelogramo que contendrá a la elipse; para ello haga que los lados del paralelogramo sean paralelos a los bordes del bloque e iguales en longitud al diámetro del orificio. Dibuje diagonales para ubicar el centro del orificio y después trace las líneas centrales AB y CD. Los puntos A, B, C y D serán los puntos medios de los lados del paralelogramo, y la elipse será tangente a los lados en dichos puntos. El eje mayor estará sobre la diagonal EF, la cual forma ángulos rectos con la línea central del orificio. El eje menor yacerá sobre la diagonal corta. Dibuje los lados largos y planos de la elipse CA y BD, como lo muestra la figura.



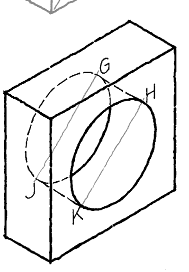
2. Dibuje los arcos cortos y de radio pequeño CB y AD para completar la elipse. Evite hacer los extremos de la elipse casi cuadrados o puntiagudos como en un balón de fútbol americano.



3. Trace finamente el paralelogramo para la elipse que pertenece al plano posterior del objeto, y dibuje la elipse de la misma forma que lo hizo con la elipse frontal.

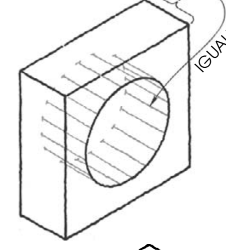


4. Dibuje las líneas GH y JK tangentes a las dos elipses. Oscurezca todas las líneas finales.

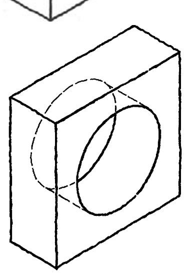


A continuación se presenta otro método para determinar la elipse posterior:

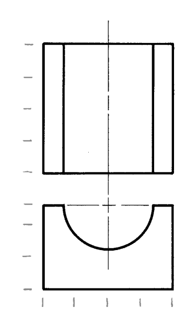
1. Seleccione puntos aleatorios sobre la elipse frontal y trace líneas con la misma longitud que la profundidad del bloque.



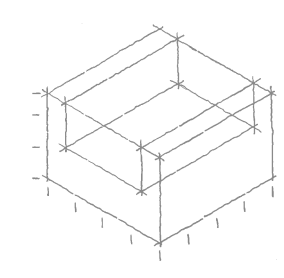
2. Bosqueje la elipse a través de los extremos de las líneas.

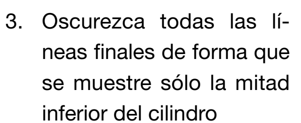


A continuación se muestran dos vistas de un cojinete con una abertura semicilíndrica: Los pasos para bosquejarlo son los siguientes.

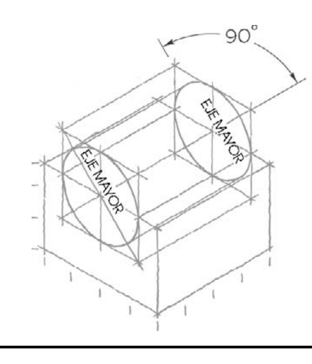


1. Esboce el objeto, incluya el espacio rectangular para el semicilindro.

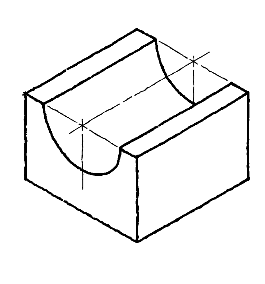


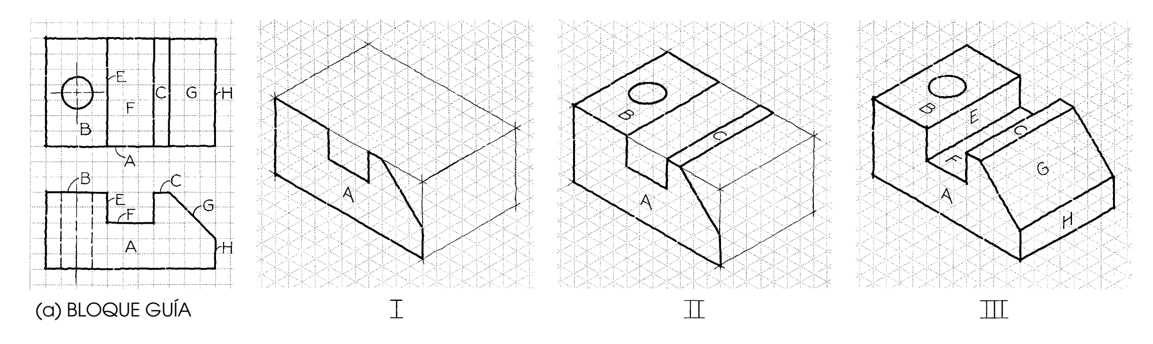


2. Esboce la caja que contendría al cilindro completo. Dibuje finamente dicho cilindro.



3. Oscurezca todas las líneas finales de forma que se muestre sólo la mitad inferior del cilindro



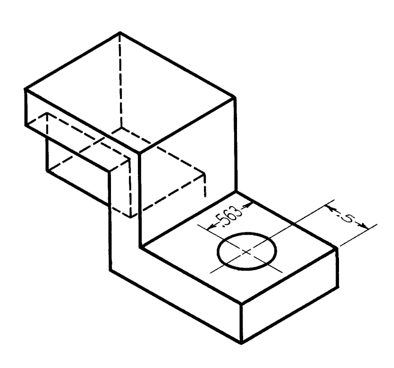


■ **FIGURA 6.15** ■ Bosquejo en papel isométrico.

6.11 ■ BOSQUEJOS EN PAPEL ISOMÉTRICO

La figura 6.15a presenta dos vistas de un bloque guía. Los pasos para su diseño ilustran el uso de papel isométrico. Inicie con planos o caras individuales para construir un dibujo ilustrativo a partir de las vistas dadas:

1. Dibuje el isométrico de la caja que contiene al objeto, cuente los espacios de la cuadrícula isométrica para igualar los cuadros correspondientes en las vistas dadas (figura 6.15I). Bosqueje la superficie A como se muestra en la figura.
2. Dibuje las superficies adicionales B y C y la elipse pequeña (figura 6.15II).
3. Dibuje las superficies adicionales E, F, G y H para completar el bosquejo (6.15III).



■ **FIGURA 6.16** ■ Uso de líneas ocultas.

6.12 ■ LÍNEAS OCULTAS

Las líneas ocultas se omiten de los dibujos a menos que sean necesarias para aclarar el dibujo. La figura 6.16 muestra un caso en el que se requieren líneas ocultas. En este caso, existe una parte proyectada que no puede representarse con claridad sin la utilización de líneas ocultas.

6.13 ■ LÍNEAS CENTRALES

Las líneas centrales se dibujan en los croquis o bosquejos si son necesarias para indicar simetría o se requieren para establecer dimensiones. Use las líneas centrales con moderación y omítalas en caso de duda. La utilización excesiva de líneas centrales hace que el dibujo parezca confuso. La figura 6.16 muestra un ejemplo en el que las líneas centrales son necesarias para propósitos de dimensionamiento.

6.14 ■ LÍNEAS NO ISOMÉTRICAS

Como las únicas líneas de un objeto que se dibujan con su longitud verdadera en un dibujo isométrico son los ejes isométricos o las líneas paralelas a éstos, las líneas no isométricas no pueden medirse de manera directa. Por ejemplo, en la figura 6.17 las líneas inclinadas BA y CA se muestran con su longitud verdadera (54 mm) en la vista superior, pero como no son paralelas a los ejes isométricos, no tienen la misma longitud en el isométrico. Cuando desee dibujar líneas no isométricas como éstas, use una caja de construcción y mediciones acotadas. Las distancias 44 mm, 18 mm y 22 mm pueden medirse directamente a lo largo de las líneas isométricas (figura 6.17I). La distancia no isométrica (54 mm) no puede medirse en forma directa, pero su dimensión X puede determinarse a partir de la vista superior. Esta dimensión es paralela a un eje isométrico y puede medirse en el bosquejo isométrico (figura 6.17II). Las distancias restantes (24 mm y 9 mm) son paralelas a las líneas isométricas, por lo que se pueden medir directamente (figura 6.17III).



Profesionistas de distintos campos usan los dibujos para visualizar objetos antes de que éstos existan. Uno de los lugares donde pueden encontrarse excelentes ejemplos de dibujos es en la Web. En la siguiente dirección pueden encontrarse muestras de dibujos diseñados por el equipo Lewis Graphics de la NASA:
http://www.lerc.nasa.gov./www/STI/graphics/samillus.htm.



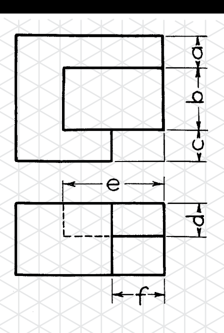
Manos a la obra 6.1

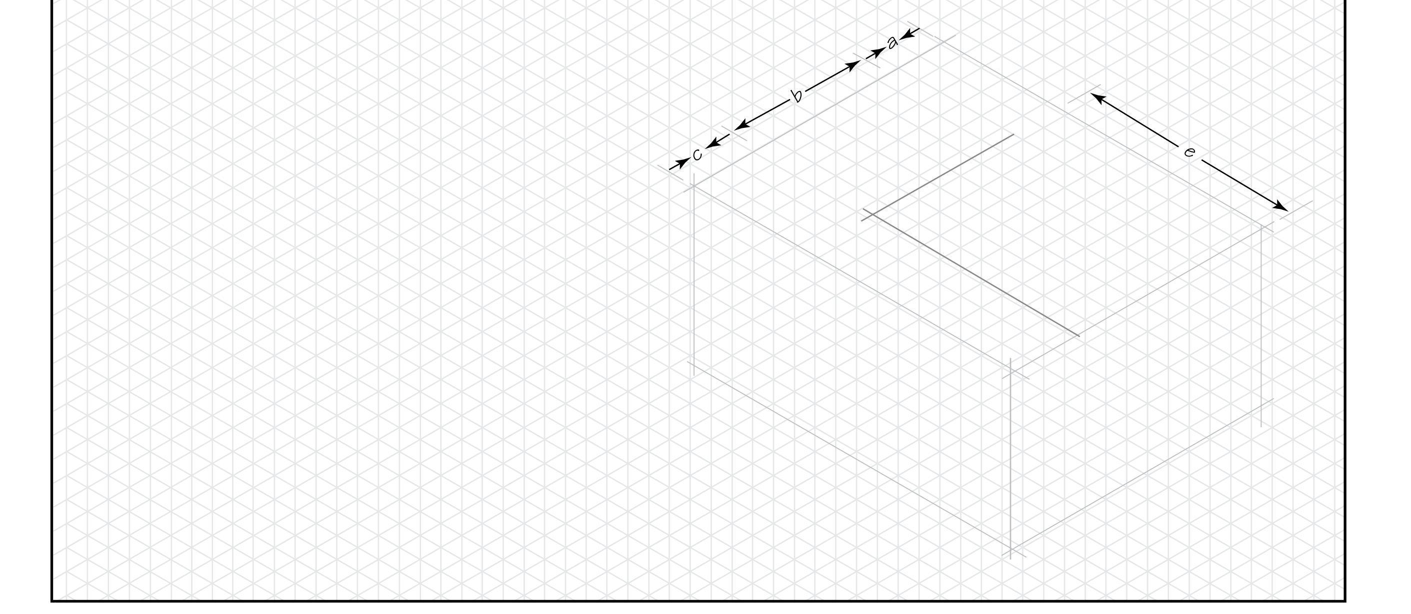
Construcción de caja

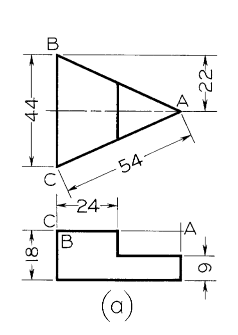
Los objetos rectangulares se dibujan con facilidad mediante el uso de una construcción de caja, donde el diseñador se imagina que el objeto estará encerrado en una caja rectangular cuyos lados coinciden con las caras principales del objeto.

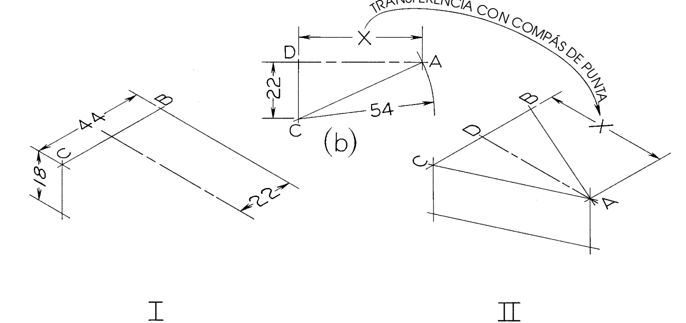
Diseñe el objeto mostrado en dos vistas; para ello imagine que éste se encuentra encerrado en una caja de construcción.

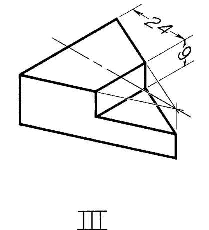
- Como ayuda en la realización de esta actividad, se proporciona un bosquejo de la caja de construcción y las distancias a, b, c, d, e y f.
- Con base en las vistas dadas, construya los elementos del objeto.
- Oscurezca las líneas finales.











■ **FIGURA 6.17** ■ Líneas no isométricas (dimensiones métricas).

6.15 ■ ÁNGULOS EN UNA VISTA ISOMÉTRICA

Un transportador normal no sirve para medir los ángulos de un dibujo isométrico.* Las medidas angulares deben convertirse a medidas lineales a lo largo de las líneas isométricas. Los ángulos se proyectan a tamaño verdadero sólo cuando el plano del ángulo es paralelo al plano de proyección. Un ángulo se puede proyectar más grande o más pequeño dependiendo de su posición. Como por lo general las diferentes superficies del objeto están inclinadas respecto al plano de proyección en un bosquejo isométrico, usualmente los ángulos no se proyectan en su tamaño verdadero. Por ejemplo, en el dibujo de vistas múltiples de la figura 6.18a, ninguno de los tres ángulos de 60 grados tendrá esa medida en el dibujo isométrico. Utilice un pedazo de papel y mida cada ángulo en el dibujo isométrico de la figura 6.18II, después compare estas medidas con los 60 grados verdaderos. Ninguno de los ángulos es igual a otro; dos son más pequeños y uno es más grande que el de 60 grados.

Para mostrar el ángulo, primero bosqueje la caja que contendrá al objeto a partir de las dimensiones proporcionadas (figura 6.18I), excepto por X, que no se proporciona. Para encontrar X, dibuje el triángulo BDA a tamaño completo como se ve en la vista superior de la figura 6.18b. Use la distancia X para completar la caja en el bosquejo isométrico.

Encuentre la distancia "Y" mediante el mismo razonamiento y localícela en el dibujo isométrico (figura 6.18II). La figura 6.18III presenta el dibujo isométrico terminado, donde el punto E se localiza con el uso de la distancia K.

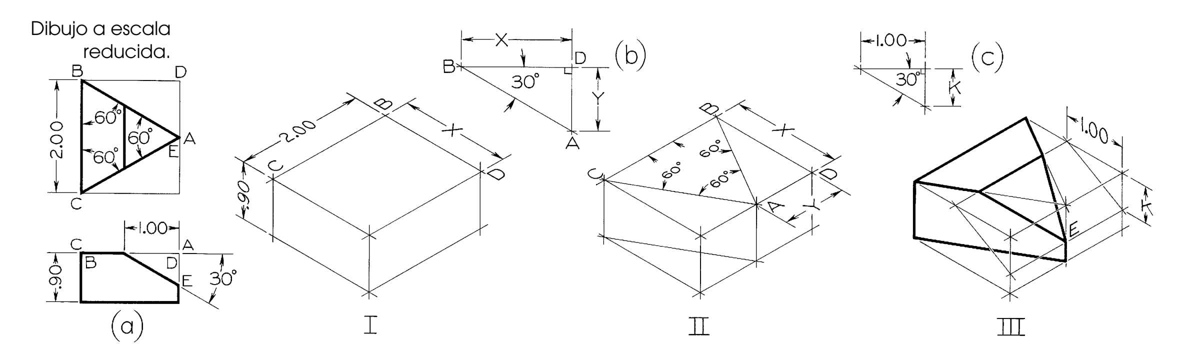
Las tiendas de artículos para dibujo ofrecen transportadores isométricos para determinar los ángulos de superficies isométricas.

6.16 ■ OBJETOS IRREGULARES

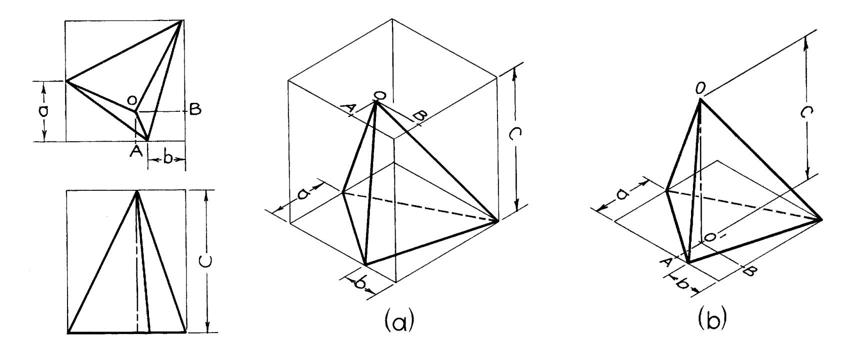
Si la forma general de un objeto no es de alguna manera rectangular, éste debe dibujarse con el uso de una construcción de caja. Como la figura 6.19 lo muestra, los diferentes puntos de la base triangular se localizan usando las medidas acotadas en a y b a lo largo de los ejes de la superficie inferior de la caja de construcción. El vértice se localiza por medio de las medidas en OA y OB en la superficie superior de la caja de construcción.

No siempre es necesario bosquejar por completo la caja de construcción. Es posible trazar la base triangular sólo con el uso de la superficie inferior de la caja (figura 6.19b). Después, el vértice O′ en la base puede ser localizado por las acotaciones O′A y O′B y la distancia C se puede utilizar para dibujar la línea vertical O′O.

■ **FIGURA 6.18** ■ Ángulos en un dibujo isométrico.



■ **FIGURA 6.19** ■ Objeto irregular en un dibujo isométrico.





Manos a la obra 6.2

Ángulos en un dibujo isométrico

Se proporcionan dos vistas de un objeto que debe dibujarse en forma isométrica.

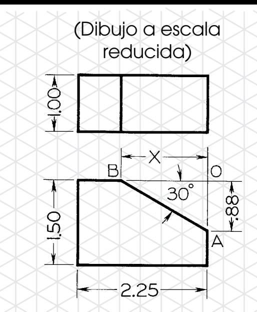
El punto A puede localizarse con facilidad en el dibujo isométrico al medir .88 pulg (22.23 mm) por debajo del punto O, como se muestra en la figura.

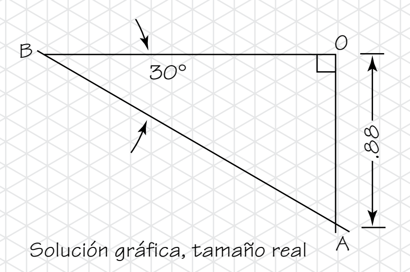
Sin embargo, el punto B se dimensiona mediante el ángulo de 30 grados. Para localizar B en el dibujo isométrico debe encontrarse la dimensión X.

Este problema puede resolverse de manera gráfica mediante CAD al dibujar un triángulo con ángulos de 30 y 90 grados ,y un lado de 0.88 pulg (22.23 mm) para después encontrar la longitud de la dimensión X.

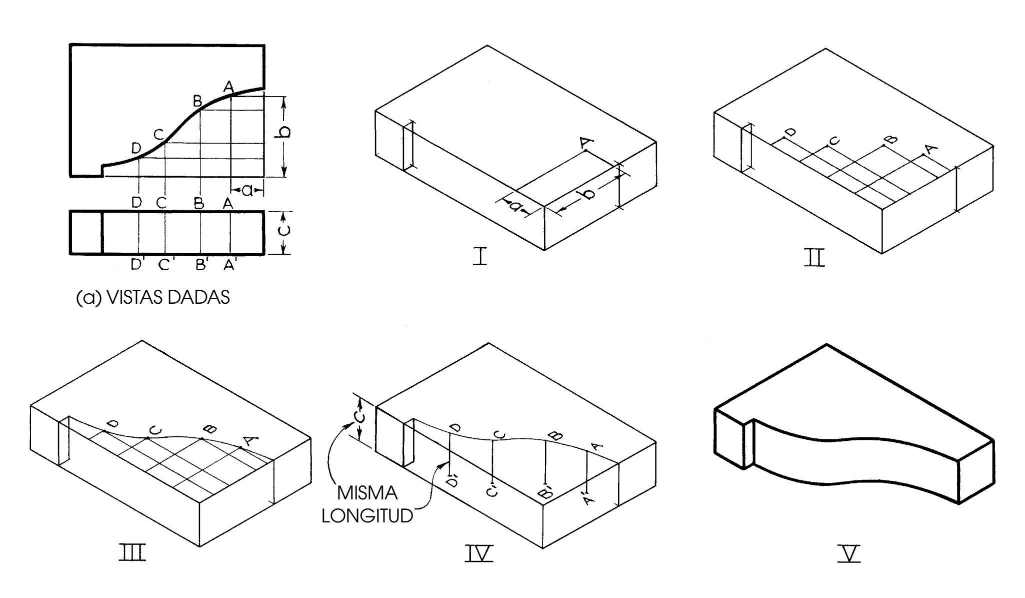
Mida la distancia X en la solución gráfica a tamaño real que se muestra a la derecha, o use trigonometría para encontrar la distancia. Después de encontrar la dimensión X, úsela para localizar el punto B en el isométrico como se muestra y termine el bosquejo al final de la página.

También es posible dibujar el isométrico de forma que aparezca proporcionado y, si es necesario, dimensionar el ángulo aproximadamente a 30 grados para llamar la atención hacia él.





Solución gráfica, tamaño real



■ **FIGURA 6.20** ■ Curvas en isométricos.

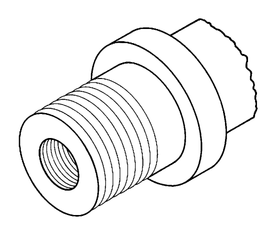
6.17 ■ CURVAS EN UNA VISTA ISOMÉTRICA

Las curvas en isométricos pueden dibujarse mediante el uso de una serie de medidas a escala. Seleccione cualquier número de puntos, como A, B y C, de manera aleatoria a lo largo de la curva, como se muestra en la vista superior de la figura 6.20a. Entre más puntos se utilicen mayor será la precisión.

Use las mediciones a y b en el isométrico para localizar el punto A sobre la curva (figura 6.20I). Ubique los puntos B, C y D de una manera similar (figura 6.20II). Dibuje suavemente y a mano alzada una línea fina a través de los puntos (figura 6.20III). La curva inferior se localiza directamente debajo de A, B, C y D al dibujar líneas verticales iguales a la altura del bloque C (figura 6.20IV). Oscurezca el bosquejo final (figura 6.20V).

6.18 ■ ROSCAS DE TORNILLO EN ISOMÉTRICOS

Para representar las crestas de una rosca de tornillo se utilizan sólo elipses parciales paralelas, como lo muestra la figura 6.21. Las elipses pueden bosquejarse a mano alzada o con una plantilla de elipses.



■ **FIGURA 6.21** ■ Roscas de tornillo en isométricos.

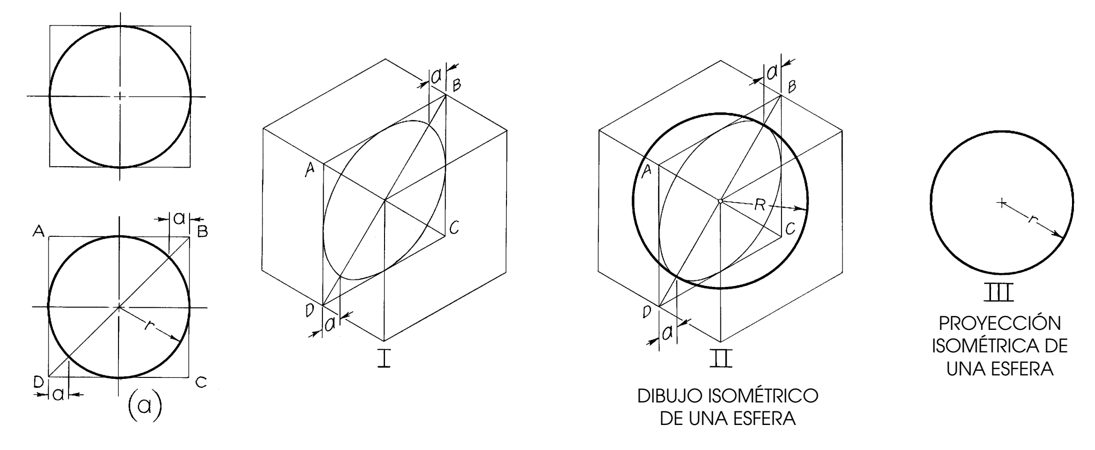
6.19 ■ LA ESFERA EN ISOMÉTRICOS

La proyección isométrica de una esfera es un círculo cuyo diámetro es el eje mayor de la elipse isométrica. Puede pensarse en el dibujo isométrico de cualquier superficie isométrica como la envoltura de todas las líneas que pueden dibujarse sobre dicha superficie. Para una esfera, los grandes círculos (que son cortados por cualquier plano a través del centro) son líneas sobre la superficie. Como todos los grandes círculos (excepto aquellos que son perpendiculares o paralelos al plano de proyección) se muestran como elipses que tienen ejes mayores iguales, su envoltura es un círculo cuyo diámetro es el eje mayor de las elipses.

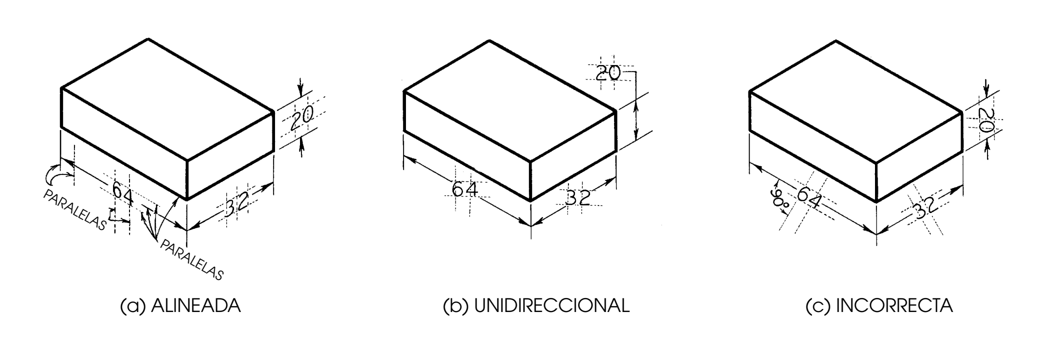
La figura 6.22a muestra dos vistas de una esfera encerrada en un cubo de construcción. En la figura 6.22I se dibuja el cubo, junto con el isométrico de un gran círculo que es paralelo a una cara del cubo; en la 6.22II el resultado es un bosquejo isométrico, y su diámetro es la raíz cuadrada de 3/2 veces el diámetro real de la esfera. La proyección isométrica de la esfera (figura 6.22III), es un círculo cuyo diámetro es igual al diámetro verdadero de la esfera.

6.20 ■ DIMENSIONAMIENTO EN ISOMÉTRICO

Por lo general, los dibujos isométricos no se dimensionan porque no muestran los elementos del objeto en su tamaño verdadero (en el capítulo 9 se menciona sobre las técnicas de dimensionamiento). ANSI aprueba dos métodos de dimensionamiento: el sistema de plano ilustrativo, o sistema alineado, y el sistema unidireccional (figura 6.23).



■ **FIGURA 6.22** ■ Isométrico de una esfera.



■ **FIGURA 6.23** ■ Números y flechas en isométricos (dimensiones métricas).

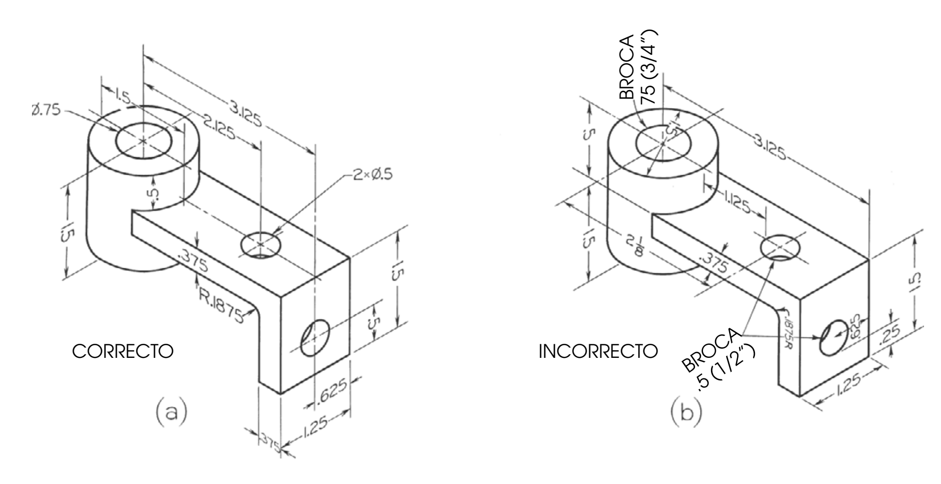
Observe que en ambos sistemas se utilizan letreros verticales; no se recomienda la utilización de letras inclinadas para el dimensionamiento ilustrativo. En el sistema alineado (figura 6.23a), las líneas de extensión, líneas de dimensión y letreros se dibujan en el plano isométrico de una cara del objeto. Las líneas guía "horizontales" para las letras se dibujan paralelas a la línea de dimensión, y las líneas guía "verticales" se trazan paralelas a las líneas de extensión. Las flechas deben alinearse paralelas a las líneas de extensión.

En el sistema unidireccional (figura 6.23b), las líneas de extensión y de dimensión se dibujan en el plano isométrico de una cara del objeto, y las flechas deben alinearse paralelas a las líneas de extensión. Sin embargo, el letrero para las dimensiones es vertical y se lee desde la parte inferior del dibujo. Este sistema más simple para el dimensionamiento se usa con frecuencia en dibujos ilustrativos que tienen propósitos de producción.

La figura 6.23c muestra una apariencia limitada que resulta de líneas guías verticales para las letras perpendiculares a las líneas de dimensión, lo que ocasiona que las dimensiones no estén en un plano isométrico ni se lean de manera vertical desde la parte inferior del dibujo; por ejemplo, observe la apariencia incómoda de la dimensión de 20 mm. La figura 6.24 muestra el dimensionamiento isométrico correcto e incorrecto

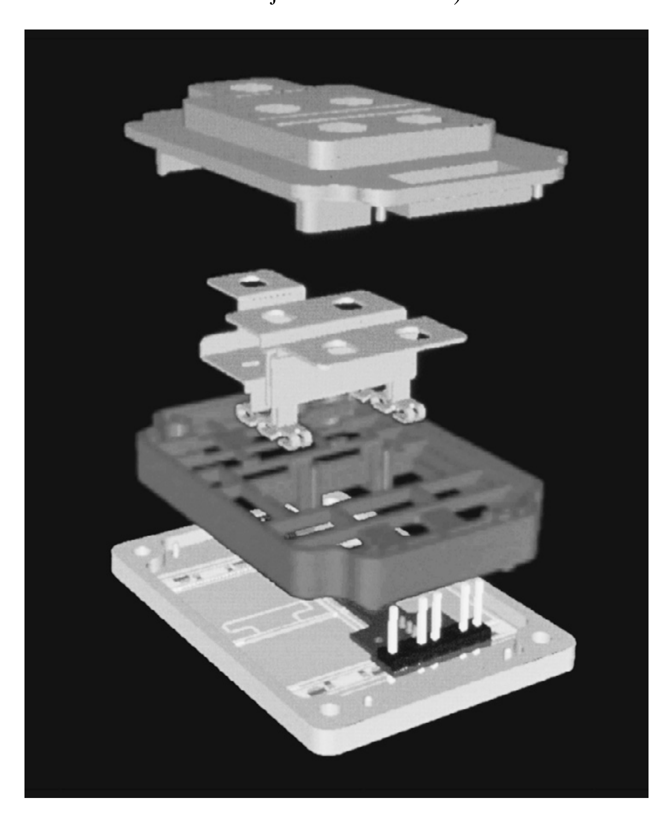
6.21 ■ ENSAMBLES DISGREGADOS

Los ensambles disgregados se usan con frecuencia en presentaciones de diseño, catálogos, muestrarios y talleres pa-



■ **FIGURA 6.24** ■ Dimensionamiento isométrico correcto e incorrecto (sistema alineado).

ra mostrar todas las partes de un ensamble y la manera en que éstas se unen en el producto final. El ensamble disgregado puede dibujarse mediante cualquiera de los métodos ilustrativos, incluso con el método isométrico como la figura 6.25 lo ilustra (el capítulo 12 presenta más información acerca de los dibujos de ensambles).



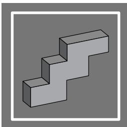
■ **FIGURA 6.25** ■ Ensamble disgregado del módulo de potencia para automóviles con cero emisiones. *Cortesía de SDRC, Milford, OH.*

6.22 ■ UTILIZACIÓN DE CAD

Los dibujos de todos los tipos pueden crearse por medio de CAD tridimensional. Para producir dibujos con CAD en forma bidimensional se pueden emplear técnicas similares a las presentadas en este capítulo. La ventaja del CAD tridimensional es que, tras haber hecho un modelo tridimensional de una parte o ensamble, puede cambiarse la dirección de la vista en cualquier momento y obtener vistas ortogonales, isométricas o perspectivas. También pueden aplicarse diferentes materiales a los objetos dibujados y sombrearlos para producir un alto grado de realismo en la vista ilustrativa, como la figura 6.25 lo ilustra.

6.23 ■ DIBUJOS ILUSTRATIVOS OBLICUOS

La proyección oblicua proporciona un método sencillo para dibujar elementos circulares que son paralelos al plano de proyección. Con la proyección oblicua, la vista frontal es igual a la vista frontal de un dibujo con vistas múltiples. Los círculos y ángulos paralelos al plano de proyección son de forma y tamaño verdaderos y, por lo tanto, es fácil construirlos. Las vistas oblicuas no son tan realistas como las isométricas porque la profundidad aparece distorsionada. Por lo general, no se utiliza CAD para crear vistas oblicuas puesto que se pueden crear dibujos isométricos de mejor apariencia a partir de modelos tridimensionales. Aunque las formas circulares son fáciles de bosquejar en el plano oblicuo frontal, éstas aparecen elípticas en las vistas superior o lateral. Las vistas oblicuas son primordialmente una técnica de bosquejo usada cuando la mayoría de las formas circulares aparecen en la vista frontal, o cuando el objeto puede rotarse para ubicar los círculos en la vista frontal.

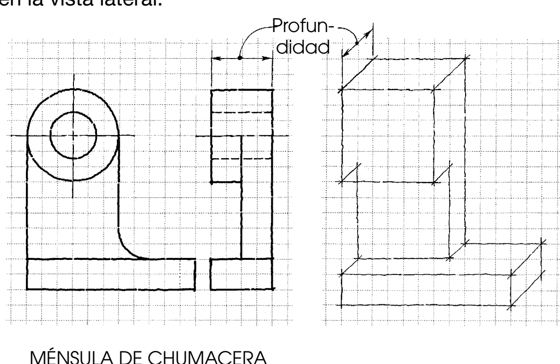


Paso a paso 6.3

Bosquejos oblicuos en papel cuadriculado

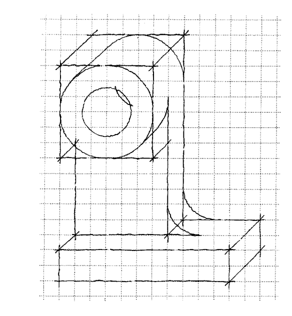
Cuando se elaboran bosquejos oblicuos es recomendable utilizar papel cuadriculado ordinario. A continuación se presentan dos vistas de una ménsula de chumacera; sus dimensiones pueden determinarse al contar los cuadros y las líneas descendentes pueden dibujarse con facilidad a 45° al bosquejar diagonalmente a través de los cuadros de la malla. Esto no proporcionará una proyección de gabinete (profundidad de media escala), pero sí una aproximación cercana, que resulta útil cuando se bosqueja sobre una cuadrícula rectangular.

1. Bosqueje ligeramente la caja de construcción para la vista frontal. Para establecer la escala en una escala reducida, bosqueje las líneas descendentes en forma diagonal a través de la mitad del número de cuadros que se muestran en la vista lateral.

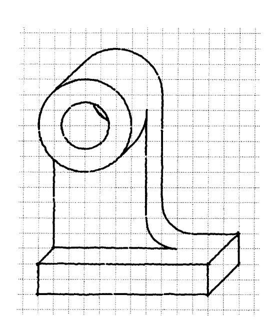


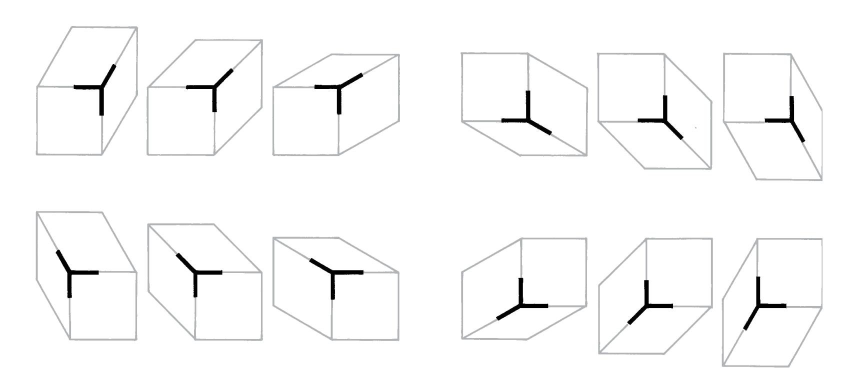
MÉNSULA DE CHUMACERA

2. Bosqueje todos los arcos y círculos.

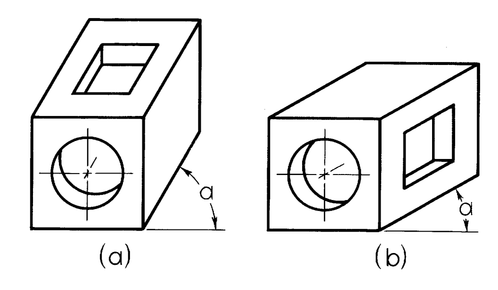


3. Oscurezca las líneas finales.





■ **FIGURA 6.26** ■ Variación en la dirección de los ejes descendentes.



■ **FIGURA 6.27** ■ Ángulo de los ejes descendentes.

6.24 ■ SELECCIÓN DEL ÁNGULO PARA LÍNEAS DESCENDENTES

Las líneas descendentes pueden dibujarse a cualquier ángulo conveniente. La figura 6.26 muestra algunos ejemplos. El ángulo que debe usarse depende de la forma del objeto y la ubicación de sus elementos. Por ejemplo, en la figura 6.27a se utilizó un ángulo grande porque éste proporciona una mejor vista del descanso rectangular en la parte superior, mientras que en la 6.27b se eligió un ángulo pequeño para mostrar un elemento similar en el lado derecho.

6.25 ■ LONGITUD DE LÍNEAS DESCENDENTES

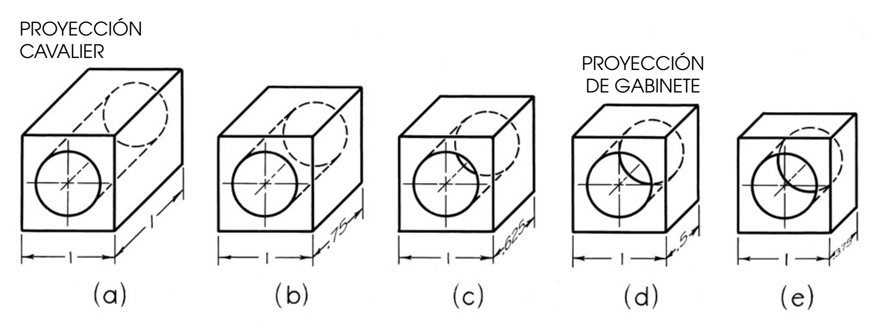
Los bosquejos oblicuos presentan una apariencia poco natural, con una distorsión más o menos seria, dependiendo del objeto mostrado. La apariencia de distorsión puede reducirse al disminuir la longitud de las líneas descendentes. La figura 6.28 muestra un cubo con un orificio pasante en cinco dibujos oblicuos con diferentes grados de acortamiento de las líneas descendentes.

Cuando las líneas descendentes son de tamaño real (esto es, cuando los proyectores forman un ángulo de 45 grados respecto al plano de proyección) el dibujo oblicuo es llamado una ***proyección cavalier***. Este tipo de proyecciones se originó en los dibujos de fortificaciones medievales que se hacían sobre planos horizontales de proyección. En dichas fortificaciones, la parte central era más alta que el resto, y se le llamaba *cavalier* debido a su posición dominante.

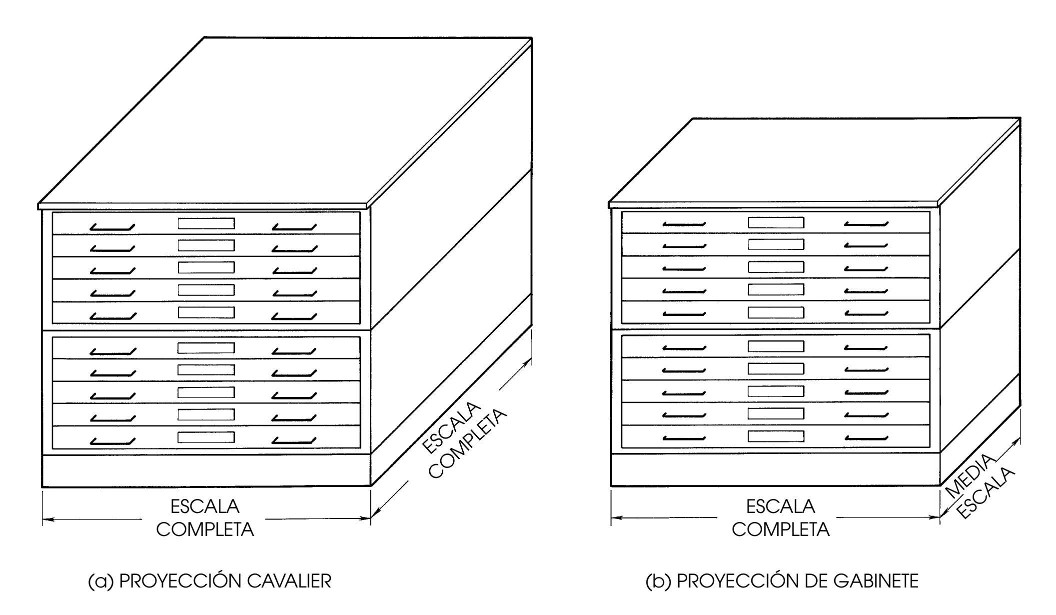
Cuando las líneas descendentes se dibujan a la mitad de su tamaño, por lo general el dibujo se conoce como ***proyección de gabinete***. El término se atribuye al primer uso de este tipo de dibujo oblicuo en la industria de los muebles. La figura 6.29 muestra una comparación de la proyección cavalier y la proyección de gabinete.

Un ejemplo notable de la apariencia poco natural de un dibujo oblicuo en comparación con la apariencia natural de una perspectiva se muestra en la figura 6.30. Este ejemplo demuestra que los objetos largos no deben mostrarse en bosquejos oblicuos con la dimensión larga descendiendo desde el punto de vista del observador.

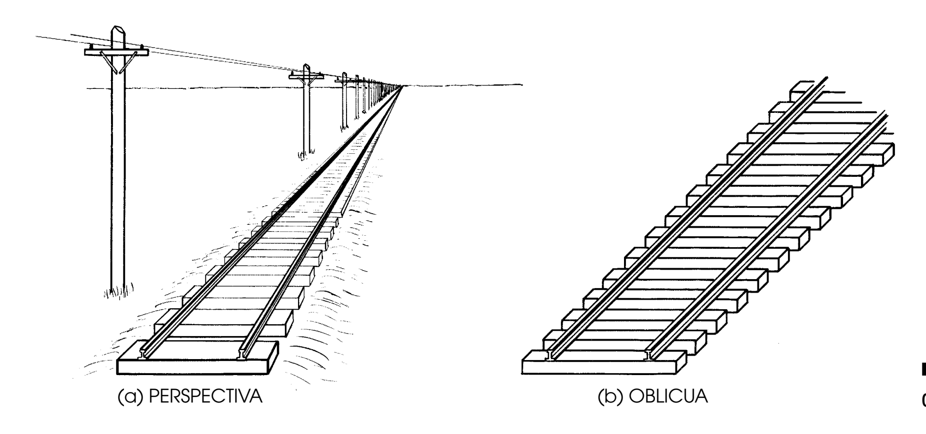
Existen otras prácticas similares al bosquejo isométrico. Si el objeto no se puede mostrar con facilidad mediante un bosquejo oblicuo, debe considerarse el uso de un bosquejo isométrico para presentarlo.



■ **FIGURA 6.28** ■ Acortamiento de líneas descendentes.



■ **FIGURA 6.29** ■ Comparación de las proyecciones cavalier y de gabinete.



■ **FIGURA 6.30** ■ Apariencia poco natural de un dibujo oblicuo.



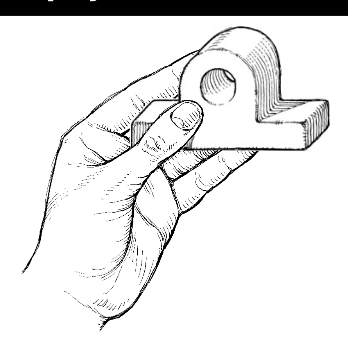
Manos a la obra 6.3

Creación del bosquejo oblicuo de un objeto

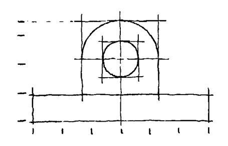
INSTRUCCIONES:

Sostenga el objeto en la mano.

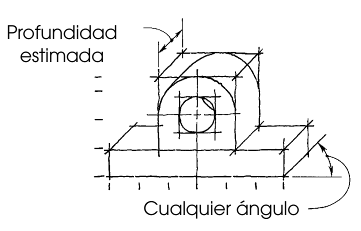
Oriente el objeto de forma que la mayoría de las formas circulares (o todas ellas) estén de frente a usted. De esta manera aparecerán como círculos y arcos verdaderos en el bosquejo oblicuo.



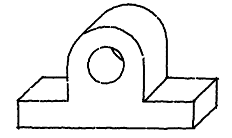
1. Esboce la cara frontal del cojinete como si hiciera el bosquejo de una vista frontal.



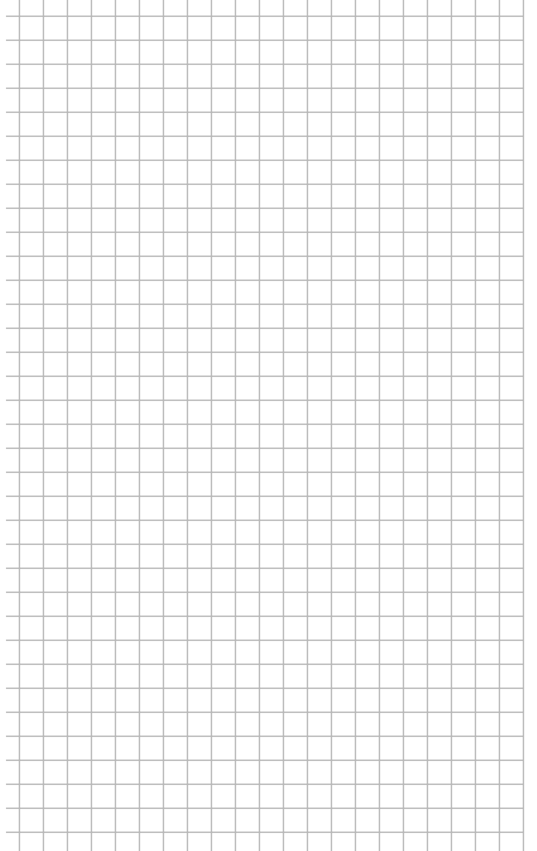
2. Bosqueje las líneas descendentes paralelas entre sí y a un ángulo conveniente (por ejemplo 30 o 45 grados). Decida qué profundidad debe mostrar. Las líneas de profundidad pueden mostrarse en su longitud total, pero si se presentan a tres cuartos o un medio de su tamaño producen una apariencia más natural. Esboce la forma trasera del objeto.

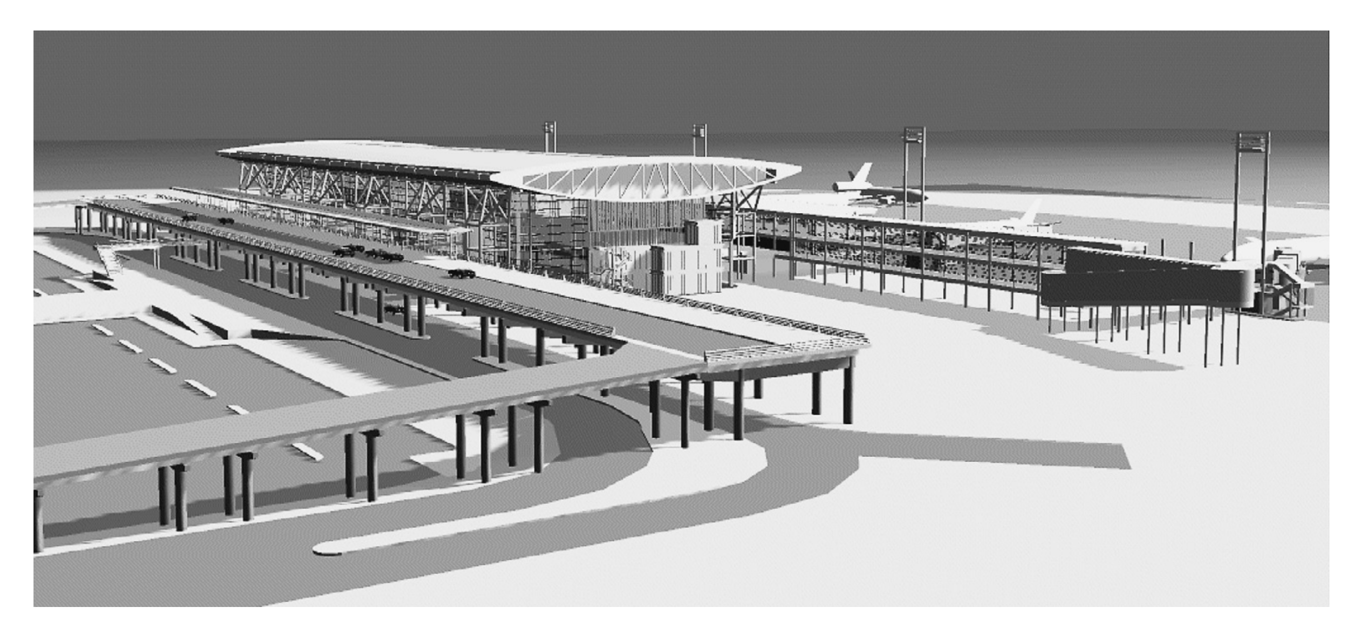


3. Oscurezca las líneas finales.



Emplee este espacio para crear un bosquejo oblicuo de un objeto, como un reloj de pared, la manija de una puerta, un horno de microondas, o cualquier otro que el profesor determine.





■ **FIGURA 6.31** ■ Perspectiva de un aeropuerto producida con CAD. *Este material ha sido reimpreso con el permiso y bajo los derechos reservados de Autodesk, Inc.*

6.26 ■ BOSQUEJOS EN PERSPECTIVA

Los ***dibujos en perspectiva*** se aproximan bastante a la vista producida por el ojo humano. La figura 6.31 muestra una vista perspectiva de un aeropuerto producida con CAD. Otra forma de perspectiva es la presentada por las fotografías. Los dibujos en perspectiva son importantes en arquitectura, diseño industrial e ilustración. También es frecuente que los ingenieros necesiten mostrar representaciones de objetos y deban entender los principios básicos de la perspectiva (vea ANSI/ASME Y14.4M1989 (R1994). El bosquejo de vistas en perspectiva consume mucho tiempo; sin embargo, es fácil crearlos a partir de modelos de CAD tridimensionales.

A diferencia de la proyección axonométrica, la perspectiva ocasiona que los ejes paralelos converjan en puntos de fuga. Los tres tipos de perspectiva son de un punto, dos puntos y tres puntos, dependiendo del número de puntos de fuga.

6.27 ■ PRINCIPIOS GENERALES

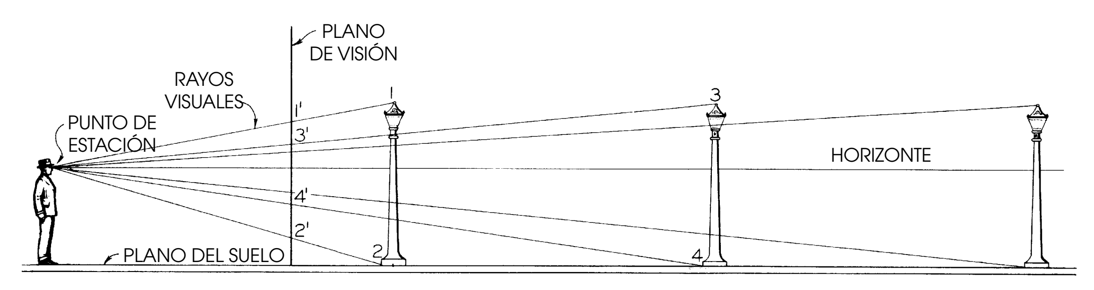
Una perspectiva involucra cuatro elementos principales: el ojo del observador, el objeto observado, el plano de proyección y los proyectores desde todos los puntos del objeto hacia el ojo del observador.

La figura 6.32 muestra al observador viendo a lo largo de un bulevar y a través de un plano de proyección imaginario, el ***plano de visión***. La posición del ojo del observador se llama el ***punto de estación***, y las líneas desde el punto de estación hasta los puntos en la escena son las ***proyecciones*** o ***rayos visuales***. Los puntos donde los rayos visuales traspasan el plano de visión forman, de manera colectiva, la vista perspectiva del objeto según lo ve el observador (figura 6.33).

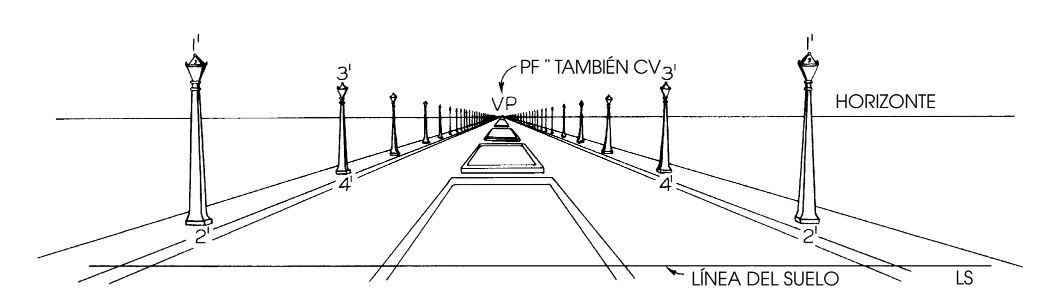
Observe cómo cada lámpara sucesiva, cada vez más lejana del observador, aparece más pequeña que la precedente. Un poste a una distancia infinita del observador aparecería como un punto en el plano de visión. Un poste enfrente del plano de visión se proyectaría más alto que su tamaño real y un poste en el plano de visión se proyectaría en su longitud verdadera.

La línea que representa el horizonte es la vista del borde del ***plano horizontal***, el cual es paralelo al ***plano del suelo*** y pasa a través del punto de estación. La horizontal es la línea de intersección de este plano con el plano de visión y representa el nivel del ojo del observador. El plano del suelo es la vista del borde del suelo sobre el que se posan los objetos. La ***línea del suelo*** es la intersección del plano del suelo con el plano de visión.

Observe que las líneas son paralelas entre sí, pero no al plano de visión (como las líneas de las guarniciones, las líneas de las banquetas y las líneas de las puntas y las bases de los postes) y que todas convergen en un solo punto en el horizonte: el ***punto de fuga***. La primera regla de la perspectiva es que todas las líneas paralelas que no son



■ **FIGURA 6.32** ■ Observación a través del plano de visión.



■ **FIGURA 6.33** ■ Una perspectiva.

paralelas al plano de visión convergen a un solo punto de fuga, y si éstas líneas son paralelas al suelo, el punto de fuga estará en el horizonte. Las líneas paralelas entre sí que también lo son al plano de visión, como los postes, permanecen paralelas y no convergen hacia un punto de fuga.

6.28 ■ LOS TRES TIPOS DE PERSPECTIVAS

Los dibujos en perspectiva se clasifican de acuerdo con el número de puntos de fuga requeridos, lo cual depende a su vez de la posición del objeto respecto al plano de visión.

Si el objeto se sitúa con una cara paralela al plano de proyección, se requiere sólo un punto de fuga; el resultado es una ***perspectiva de un punto*** o ***perspectiva paralela***.

Si el objeto se ubica en un ángulo respecto al plano de visión pero con bordes paralelos al mismo, se requieren dos puntos de fuga, y el resultado es una ***perspectiva de dos puntos*** o ***perspectiva angular***. Éste es el tipo más común de perspectiva utilizada en los dibujos.

Si el objeto se sitúa de manera que ningún sistema de ejes es paralelo al plano de visión, son necesarios tres puntos de fuga, y el resultado es una perspectiva de tres puntos.

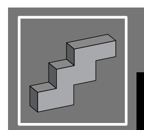
6.29 ■ PERSPECTIVA DE UN PUNTO

Para dibujar una vista perspectiva de un punto, oriente el objeto para que una cara principal sea paralela al plano de visión. Si se desea, esta cara puede colocarse en el plano de visión. La otra cara principal es perpendicular al plano de visión y sus líneas convergirán hacia un solo punto de fuga.

6.30 ■ PERSPECTIVA DE DOS PUNTOS

La perspectiva de dos puntos es más realista que la perspectiva de un punto. Para dibujar una perspectiva de este tipo, oriente el objeto de forma que los bordes principales sean verticales y, por lo tanto, no tengan punto de fuga; los bordes en las otras dos direcciones si los tendrán. La perspectiva de dos puntos es especialmente apropiada para representar construcciones y grandes estructuras civiles, como presas y puentes.



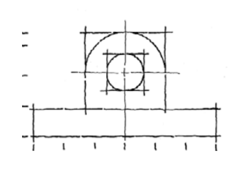


Paso a paso 6.4

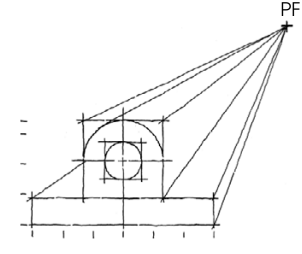
Perspectiva de un punto

Para bosquejar el cojinete con una perspectiva de un punto (es decir, con un punto de fuga) siga el procedimiento descrito a continuación:

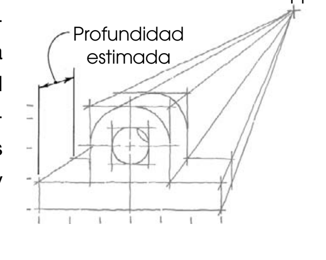
1. Dibuje la cara frontal verdadera del objeto, igual que en un bosquejo oblicuo. Seleccione el punto de fuga para las líneas descendentes. En la mayoría de los casos es deseable colocar el punto de fuga arriba y a la derecha del dibujo, como se muestra en la figura, aunque éste puede colocarse en cualquier parte del bosquejo. Sin embargo, si el punto de fuga se coloca demasiado cerca del centro, las líneas convergirán muy rápido y el dibujo se distorsionará.



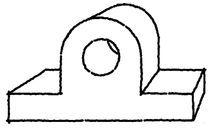
2. Trace las líneas descendentes hacia el punto de fuga.



3. Estime la profundidad para que se vea bien el dibujo de la parte trasera del objeto. Note que el círculo y el arco posteriores serán un poco más pequeños que el círculo y arco frontales.



4. Oscurezca todas las líneas finales. Note la similitud entre el bosquejo en perspectiva y el bosquejo oblicuo que se presentó con anterioridad en este capítulo.



6.31 ■ PERSPECTIVA DE TRES PUNTOS

En la ***perspectiva de tres puntos***, el objeto se coloca de forma que ninguno de sus bordes principales sea paralelo al plano de visión. Cada uno de los tres conjuntos de bordes paralelos tienen puntos de fuga distintos. En este caso, utilice un plano de visión que sea aproximadamente perpendicular a la línea central del cono de rayos visuales.

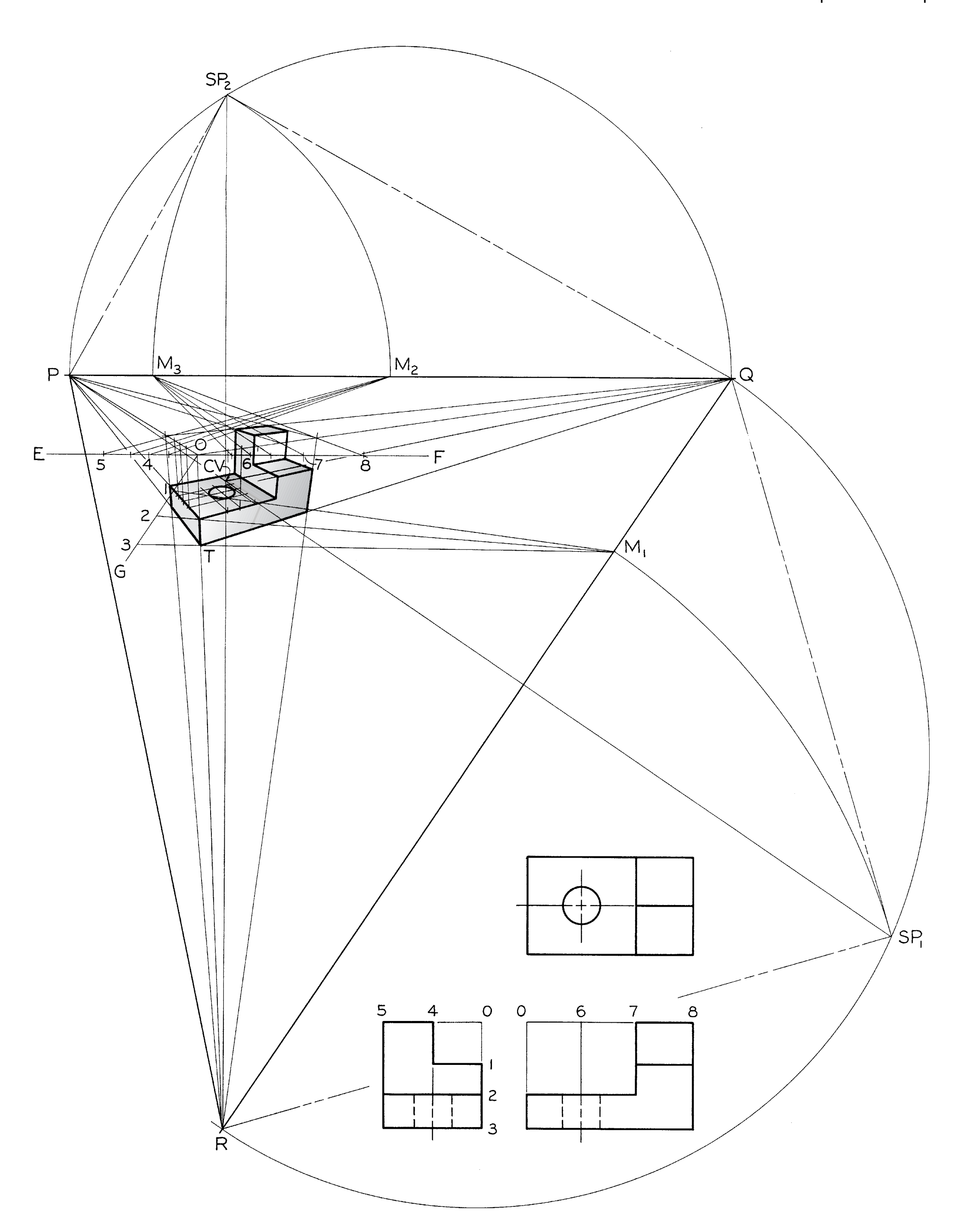
La figura 6.34 muestra la construcción de una perspectiva de tres puntos. Piense en la hoja como el plano de visión, con el objeto detrás del papel y colocado de forma que todos sus bordes formen un ángulo con el plano de visión. Localice los puntos P, Q y R al dibujar líneas desde un punto de estación en el espacio paralelo a los ejes principales del objeto al encontrar sus puntos de cruce con el plano de visión.

La esquina imaginaria "O" está en el plano de visión y puede coincidir con el CV; sin embargo, como regla general, la esquina frontal se coloca en un lado cercano al centro de visión para el dibujo (CV), al determinar qué tan cerca está el observador para colocarse directamente enfrente de su esquina.

En este método, la perspectiva se dibuja en forma directa con base en las mediciones y no se proyecta a partir las vistas. Las dimensiones del objeto están dadas por las tres vistas, y éstas se usarán en las líneas de medición GO, EO y OF. Las líneas de medición EO y OF se dibujan paralelas al trazo de fuga PQ, y la línea de medición GO se dibuja paralela a RQ. Estas líneas de medición son, en realidad, las líneas de intersección de las superficies principales del objeto, extendidas, con el plano de visión. Como estas líneas están en el plano de visión, las mediciones reales del objeto pueden colocarse a lo largo de las mismas.

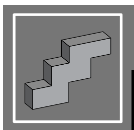
En conjunto con las líneas de medición, se utilizan tres puntos de medición: M_1, M_2 y M_3. Para encontrar M_1, gire el triángulo CV-R-Q usando RQ como eje. Como es un triángulo rectángulo, puede construirse a tamaño real mediante el uso de un semicírculo, como se muestra en la figura. Con R como centro y R-SP_1 como radio, haga el arco SP_1-M_1 como se muestra. M_1 es el punto de medición para la línea de medición GO. Los puntos de medición M_2 y M_3 se encuentran de una manera similar.

Las dimensiones de altura se miden a tamaño completo o alguna escala deseada a lo largo de la línea de medición GO en los puntos 3, 2 y 1. A partir de estos puntos, se dibujan líneas hacia M_1 y las alturas en la perspectiva son las intersecciones de estas líneas con la esquina frontal perspectiva TO del objeto. De manera similar, la profundidad verdadera del objeto se establece sobre la línea de medición EO de 0 a 5, y la anchura real se establece sobre la línea de medición OF de 0 a 8. También pueden construirse puntos intermedios de una forma similar.



■ **FIGURA 6.34** ■ Perspectiva de tres puntos.

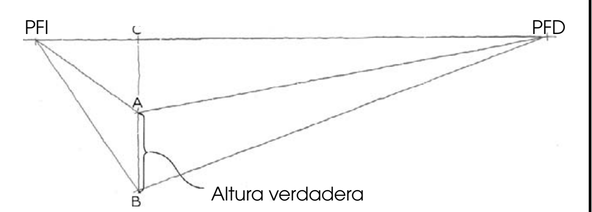




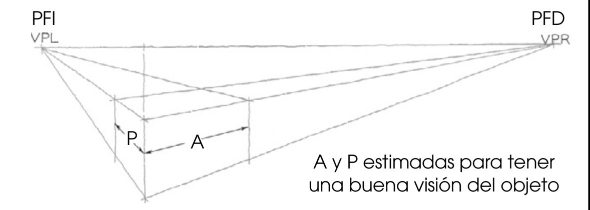
Paso a paso 6.5

Perspectiva de dos puntos

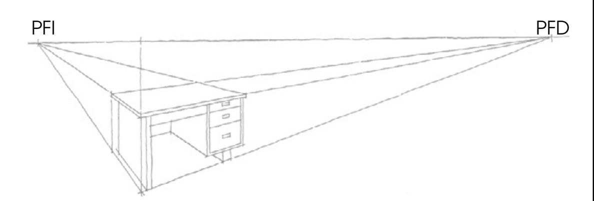
Para diseñar un escritorio mediante el uso de dos puntos de fuga, siga los pasos descritos a continuación:



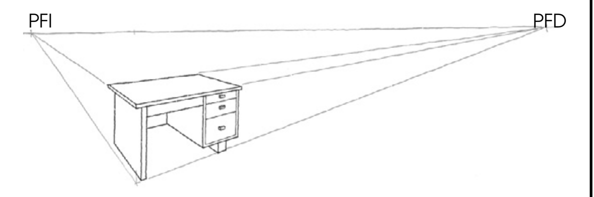
1. Como la figura anterior lo muestra, dibuje la esquina frontal del escritorio a su altura verdadera. Localice después dos puntos de fuga (PFI y PDD) en una línea de horizonte (al nivel del ojo). La distancia CA puede variar: entre más grande sea, más alto será el nivel del ojo y mayor será la visión de la parte superior del objeto vista desde arriba. Un regla empírica es hacer que C-PFI sea un tercio o un cuarto de C-PFD.



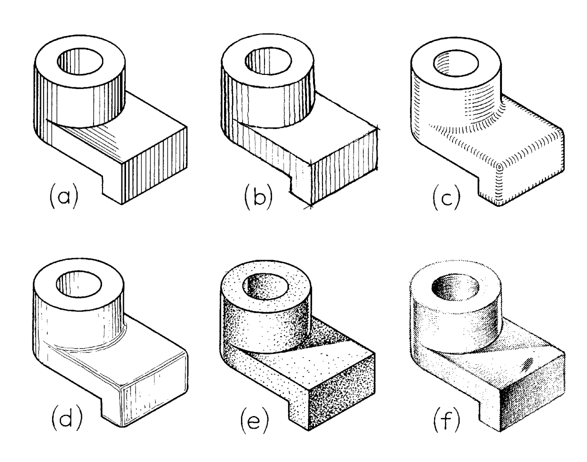
2. Estime la profundidad y la anchura, y bosqueje la caja de construcción.



3. Esboce todos los detalles. Observe que todas las líneas paralelas converjan hacia el mismo punto de fuga.



4. Oscurezca todas las líneas finales. Haga las líneas exteriores más gruesas que las interiores, en especial cuando estén muy juntas.



■ **FIGURA 6.35** ■ Métodos de sombreado.

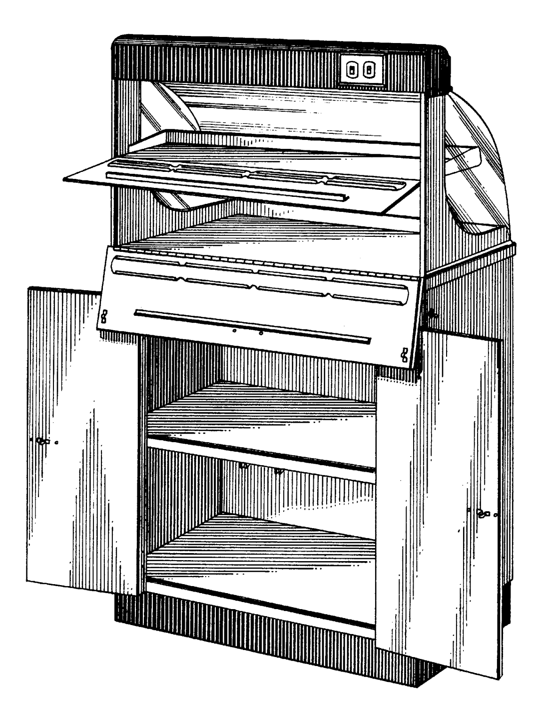
6.32 ■ SOMBREADOS

Los sombreados pueden facilitar la visualización de los dibujos como presentaciones, patentes y catálogos. Los dibujos con vistas múltiples y los de ensamblaje ordinarios no se sombrean. El sombreado debe ser simple, reproducirse con facilidad y producir una imagen clara. La figura 6.35 muestra algunos de los tipos comunes de sombreado. En particular, en las figuras 6.35c y 6.35d, se presentan dos métodos para sombrear filetes y redondos. Por otro lado, en la figura 6.35e se muestra un sombreado producido con puntos y en la figura 6.36f un sombreado por tonos de lápiz. Los sombreados por tono de lápiz que se usan en dibujos sobre papel de trazo se reproducen bien sólo con copias heliográficas y no con copias comunes.

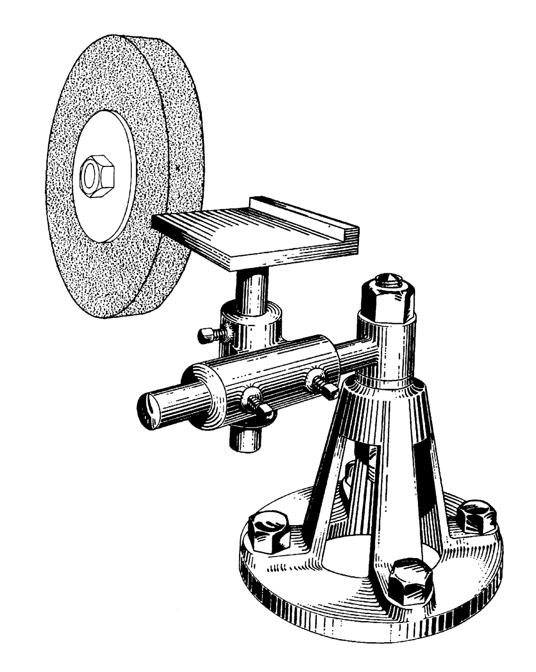
En las figuras 6.36 y 6.37 se muestran ejemplos de sombreado con líneas en dibujos usados en catálogos industriales.

6.33 ■ GRÁFICOS EN COMPUTADORA

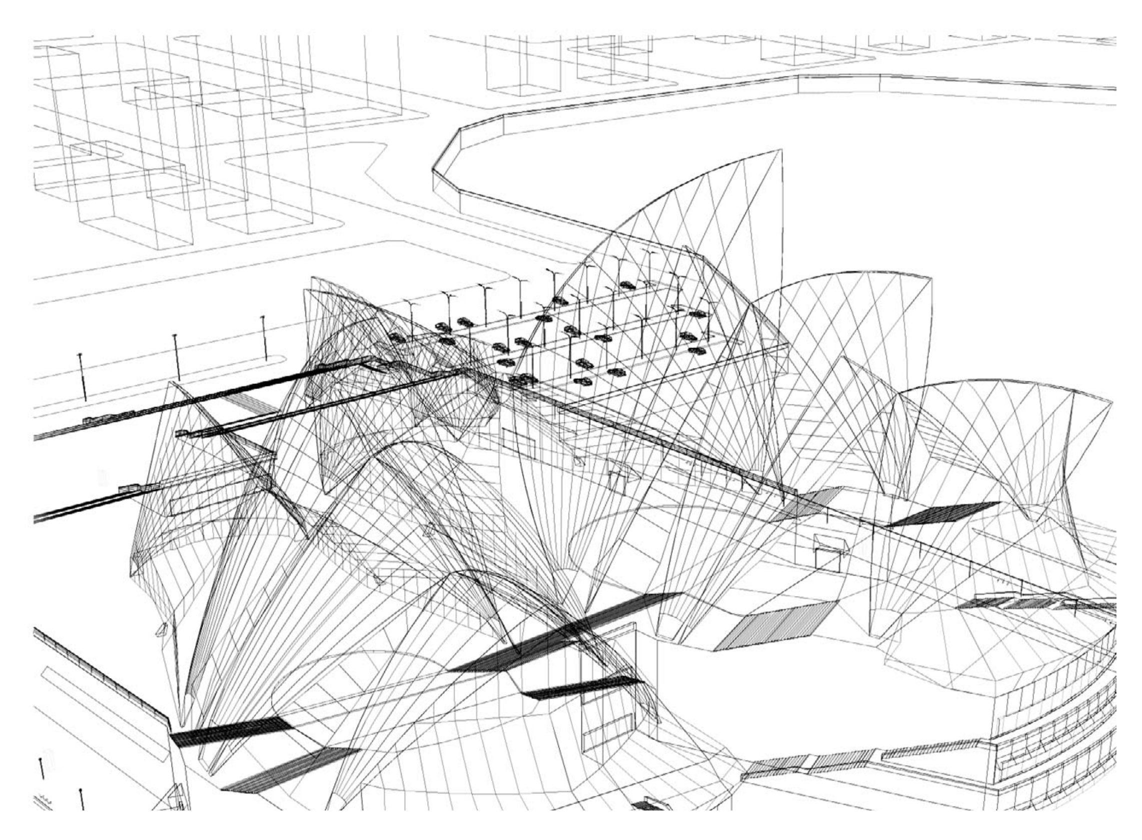
Los dibujos en perspectiva proporcionan una presentación que incluso parecen fotografías; sin embargo, su elaboración es también la que mayor cantidad de tiempo consume. Existen programas de CAD que pueden usarse para representaciones de estructura de alambre (figura 6.38) o representaciones perspectivas sólidas donde el usuario selecciona la distancia de visión, el punto focal, la convergencia del eje z y la escala de resolución del arco. De manera histórica, las perspectivas han tenido una aplicación mucho mayor en el dibujo arquitectónico que en ingeniería. Ahora, la disponibilidad de estas rutinas gráficas en computadora hacen del dibujo en perspectiva una alternativa viable para el dibujante que desea emplear una representación de un objeto con fines ilustrativos.



■ **FIGURA 6.36** ■ Sombreado de superficie aplicado a un dibujo ilustrativo de un mostrador.



■ **FIGURA 6.37** ■ Sombreado por medio de líneas en el dibujo de un soporte ajustable para sujeción. *Cortesía de A. M.Byers Co.*



■ **FIGURA 6.38** ■ Este modelo AutoCad del Opera House de Sidney muestra vistas perspectivas en los puertos de vista superior derecho e inferior izquierdo. *Cortesía de Autodesk, Inc.*

Nota sobre Gráficos

Dibujos realizados en forma tridimensional como ayuda a los diseñadores de los automóviles eléctricos del futuro

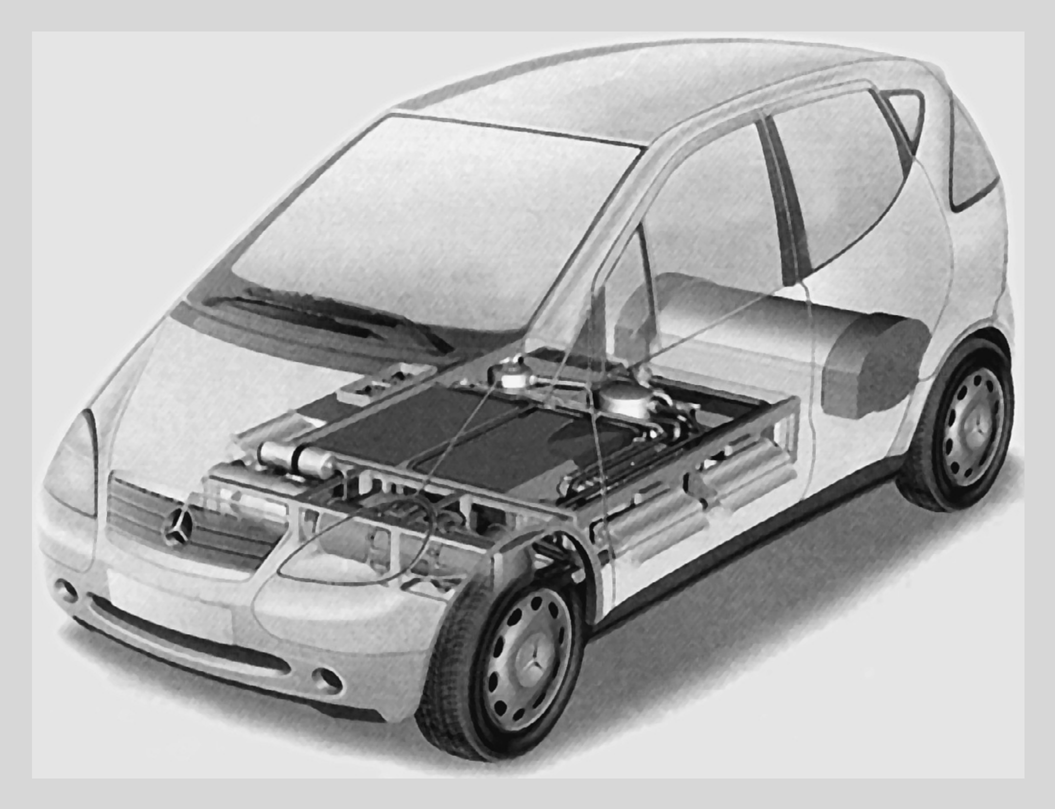
Viajaron en cohetes a la Luna y han probado que pueden generar electricidad suficiente para mover un automóvil. Sin embargo, faltan años para que las celdas de combustión (hidrógeno-oxígeno) se usen ampliamente en la industria automotriz.

En su diseño y construcción se encuentran los altos costos y los problemas propios de una tecnología compleja. En conjunto, todo esto ocasionará que los vehículos accionados por estas celdas difícilmente se encuentren en salas de exhibición antes de una década.

"Hay mucho trabajo serio realizándose en esta área, que presenta un gran potencial", dice Bernard Robertson, vicepresidente de tecnologías en ingeniería de Daimler-Chrysler. "Sin embargo, los retos son formidables".

Las celdas de combustión plantean problemas difíciles de resolver para los equipos de diseño

Esta celda de combustión utiliza sofisticadas membranas para extraer electrones de los átomos del hidrógeno para crear un desequilibrio de carga y una corriente eléctrica. La celda mezcla el hidrógeno con oxígeno para formar vapor de agua. Daimler-Chrysler trata de convertirse en líder de la industria en celdas de combustible formando alianzas con Ford Motor Co. y Ballard Powers Systems, Inc. de Vancouver, British Columbia, un proveedor de celdas de combustión. La meta es ser el primero en fabricar trenes motrices movidos por celdas de combustible para su venta en el mercado mundial.



Dibujo ilustrativo tridimensional del automóvil Necar con cuatro celdas de combustible. Estas imágenes tridimensionales ayudan a los diseñadores a resolver los problemas de diseño reales.

La tarea es exigente. En el centro para el desarrollo de celdas de combustible de Daimler-Chrysler, ubicado cerca de Stuttgart, Alemania, hay 900 técnicos dedicados de manera exclusiva a la investigación sobre celdas de combustible. El Necar 4, la cuarta generación de la serie de automóviles New Electric Car del centro, se presentó al público en marzo de 1999. El Necar es técnicamente impresionante porque concentra el sistema de celdas de combustible en un espacio de un poco más de 15 centímetros de profundidad bajo el piso, pero también ilustra los inconvenientes de la tecnología actual de las celdas de combustible.

Los ejecutivos de Daimler-Chrysler admiten que el vehículo tiene un sobrepeso de cerca de 140 kilos y que es astronómicamente caro. Si se utilizara la tecnología actual, un sistema de celda de combustible producido en masa costaría $30,000 dólares, aunque el costo de la maquinaria construida a mano del Necar 4 se estima en $350,000 dólares. Los motores a gasolina cuestan en general $3,000 dólares. El elemento principal en los costos de las celdas de combustible es el equipamiento especializado. El gasto más grande se debe a las placas bipolares conductoras de electricidad en la pila de la celda de combustible. Estas placas, hechas de carbón-grafito ultra duro, tienen docenas de canales intrincados que deben cortarse en forma individual con herramientas de maquinado controladas por computadora. Para su máxima eficiencia, los canales deben maquinarse a la tolerancia que usualmente se reserva para las turbinas de avión.

El CAD ayuda al diseñador a considerar posibilidades

Con todo este preciso maquinado involucrado, los ingenieros en Daimler-Chrysler han recibido dos asignaciones: desarrollar una celda de combustible que sea lo suficientemente pequeña y ligera para satisfacer las restricciones de peso y tamaño, y desarrollar equipo de fabricación capaz de producir en masa tal producto a un costo razonable.

Como incluso la elaboración de un modelo de una celda o vehículo tiene restricciones en el costo, los equipos de diseño han buscado la ayuda de programas de computadora para diseño y manufactura. Los dibujos tridimensionales les permiten ver no sólo cómo pueden hacer mejores diseños de celdas de combustible para cada vehículo, sino también lo necesario para reequipar una línea de producción en masa para la producción de tales celdas. Si se mantienen costos bajos, los ingenieros tienen la esperanza de ser capaces de diseñar y desarrollar un automóvil eléctrico y eficiente. El reequipamiento de líneas de ensamblaje podría tomar unos cuantos años más; sin embargo, Daimler-Chrysler tiene confianza en que podrán lanzar al mercado mundial un vehículo eficiente, confiable e impulsado por celdas de combustible en la próxima década.

Adaptado de "Fuci Cells Still Pose Thorny Problems", por Aaron Robinson, *Automotive News*, 29 de marzo de 1999.

PALABRAS CLAVE

BOSQUEJO EN PERSPECTIVA
BOSQUEJO ISOMÉTRICO
DIBUJO ILUSTRATIVO
EJES AXONOMÉTRICOS
HORIZONTE
ILUSTRATIVO EN PERSPECTIVA
LÍNEA DEL SUELO
MEDICIONES ACOTADAS
PERSPECTIVA ANGULAR
PERSPECTIVA DE DOS PUNTOS
PERSPECTIVA DE TRES PUNTOS
PERSPECTIVA DE UN PUNTO
PERSPECTIVA PARALELA
PLANO DE VISIÓN
PLANO DEL HORIZONTE
PLANO DEL SUELO
PROYECCIÓN AXONOMÉTRICA
PROYECCIÓN CAVALIER
PROYECCIÓN DE GABINETE
PROYECCIÓN DE VISTAS MÚLTIPLES
PROYECCIÓN DIMÉTRICA
PROYECCIÓN ISOMÉTRICA
PROYECCIÓN OBLICUA
PROYECCIÓN ORTOGONAL
PROYECCIÓN TRIMÉTRICA
PROYECCIONES
PUNTO DE ESTACIÓN
PUNTO DE FUGA
RAYOS VISUALES
VISTA PERSPECTIVA

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- La proyección axonométrica es un método para crear una representación ilustrativa de un objeto. Muestra las tres dimensiones de longitud, anchura y altura en una sola vista.
- La proyección isométrica es la proyección axonométrica más fácil de dibujar y, por lo tanto, es la técnica de dibujo más común.
- Cada espacio entre los ejes de un dibujo isométrico es de 120 grados. Los ejes isométricos se dibujan a 30 grados de la horizontal y la vertical.
- Las únicas líneas de un dibujo isométrico que están igualmente acortadas son las líneas paralelas a los tres ejes isométricos.
- Las superficies inclinadas y oblicuas deben determinarse al graficar los puntos finales de cada borde de la superficie a lo largo de las líneas de los ejes isométricos.
- Un método común para dibujar un objeto en un isométrico consiste en crearlo como una caja para después dibujar los elementos del objeto dentro de la misma.

- A diferencia de los dibujos en perspectiva, donde las líneas paralelas convergen a un punto de fuga, en los dibujos axonométricos las líneas paralelas se mantienen como tales.
- La proyección oblicua facilita el bosquejo de objetos que muestran formas circulares y otros detalles paralelos a la vista frontal.
- La proyección cavalier muestra la profundidad del objeto a tamaño completo y las líneas descendentes a 45 grados.
- La proyección de gabinete muestra líneas descendentes a la mitad de su tamaño; con frecuencia se utiliza un ángulo de 30 grados.
- Las vistas en perspectiva son muy parecidas a la vista observada por el ojo humano.
- Existen tres tipos de proyección perspectiva: de un punto, de dos puntos y de tres puntos.
- En la proyección perspectiva, los ejes paralelos convergen en uno o más puntos de fuga, emulando la imagen de los objetos vistos por el ojo humano.
- La ubicación y la relación entre los puntos de fuga, el plano de visión y el objeto determinan la apariencia de la vista perspectiva.
- En la perspectiva de un punto, el objeto se coloca de forma que una superficie principal del objeto es paralela al plano de visión.
- En la perspectiva de dos puntos, el objeto se coloca de forma que sólo los bordes principales del objeto están orientados de manera vertical, pero las superficies más importantes no son paralelas al plano de visión.
- En la perspectiva de tres puntos, el objeto se coloca de forma que ninguno de los ejes primarios del objeto es paralelo al plano de visión.

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Por qué el dibujo isométrico es más común que el perspectivo en ingeniería?
2. ¿Cuáles son las diferencias entre la proyección axonométrica y la perspectiva?
3. ¿A qué ángulo se dibujan los ejes isométricos?
4. ¿Cuáles son las tres vistas que se muestran típicamente en un dibujo isométrico?
5. ¿Cuál es la ventaja primordial de una proyección oblicua?
6. ¿Cuál de las siguientes proyecciones es más realista: la isométrica, la perspectiva o la oblicua?
7. ¿Por qué los dibujos oblicuos casi nunca se elaboran con CAD?
8. ¿Cuál es la ventaja primordial de una proyección perspectiva?
9. ¿Por qué la proyección perspectiva casi nunca se usa en ingeniería?
10. ¿Cuál es el propósito del plano de visión?
11. ¿Qué es el punto de estación?
12. ¿Cómo afecta la distancia entre el punto de estación y la línea del suelo al dibujo en perspectiva final?
13. ¿Cuál es la relación entre el punto de estación y el horizonte?

PROYECTOS AXONOMÉTRICOS

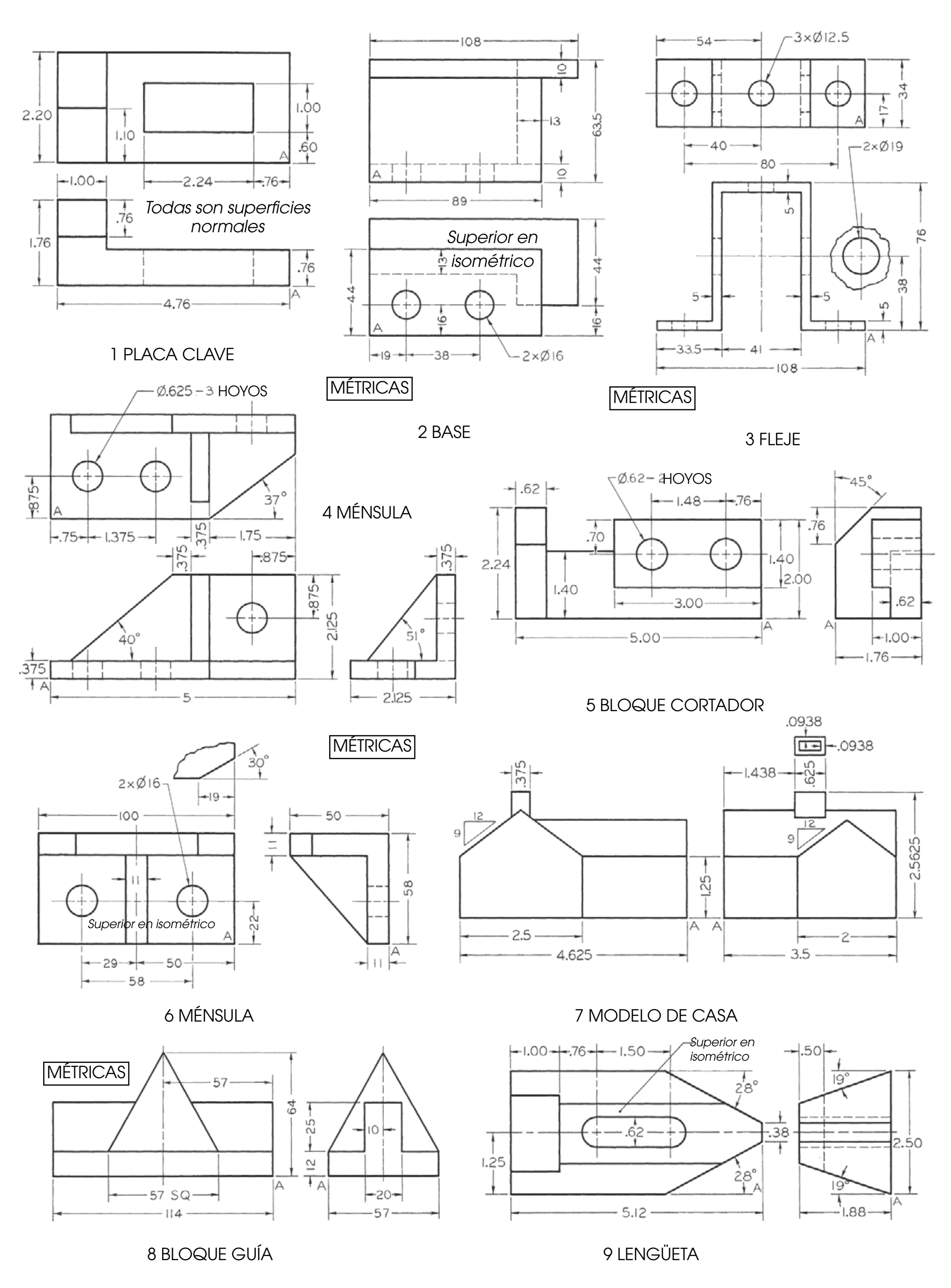
En las figuras de la 6.39 a la 6.50 se presentan problemas que deben dibujarse en forma axonométrica. Utilice bosquejos isométricos u oblicuos, según lo decida su profesor. Elija una distribución y una escala apropiadas. Utilice papel isométrico u hojas blancas para dibujar.

PROYECTOS EN PERSPECTIVA

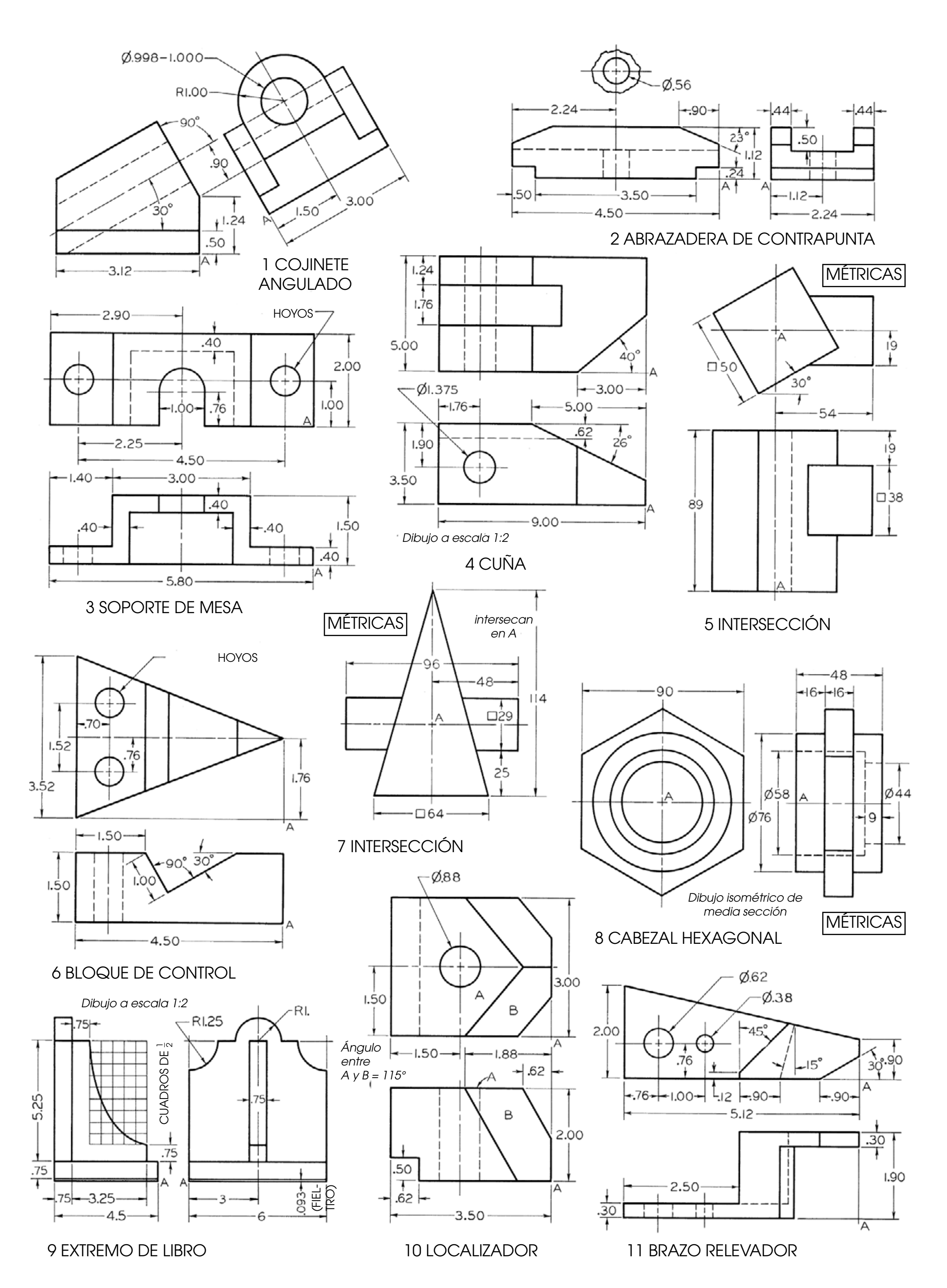
Dibuje dos vistas ortogonales y una perspectiva de cada figura mostrada en las figuras de la 6.51 a la 6.52. Seleccione un tamaño de hoja adecuado y una escala apropiada.

PROYECTO DE DISEÑO

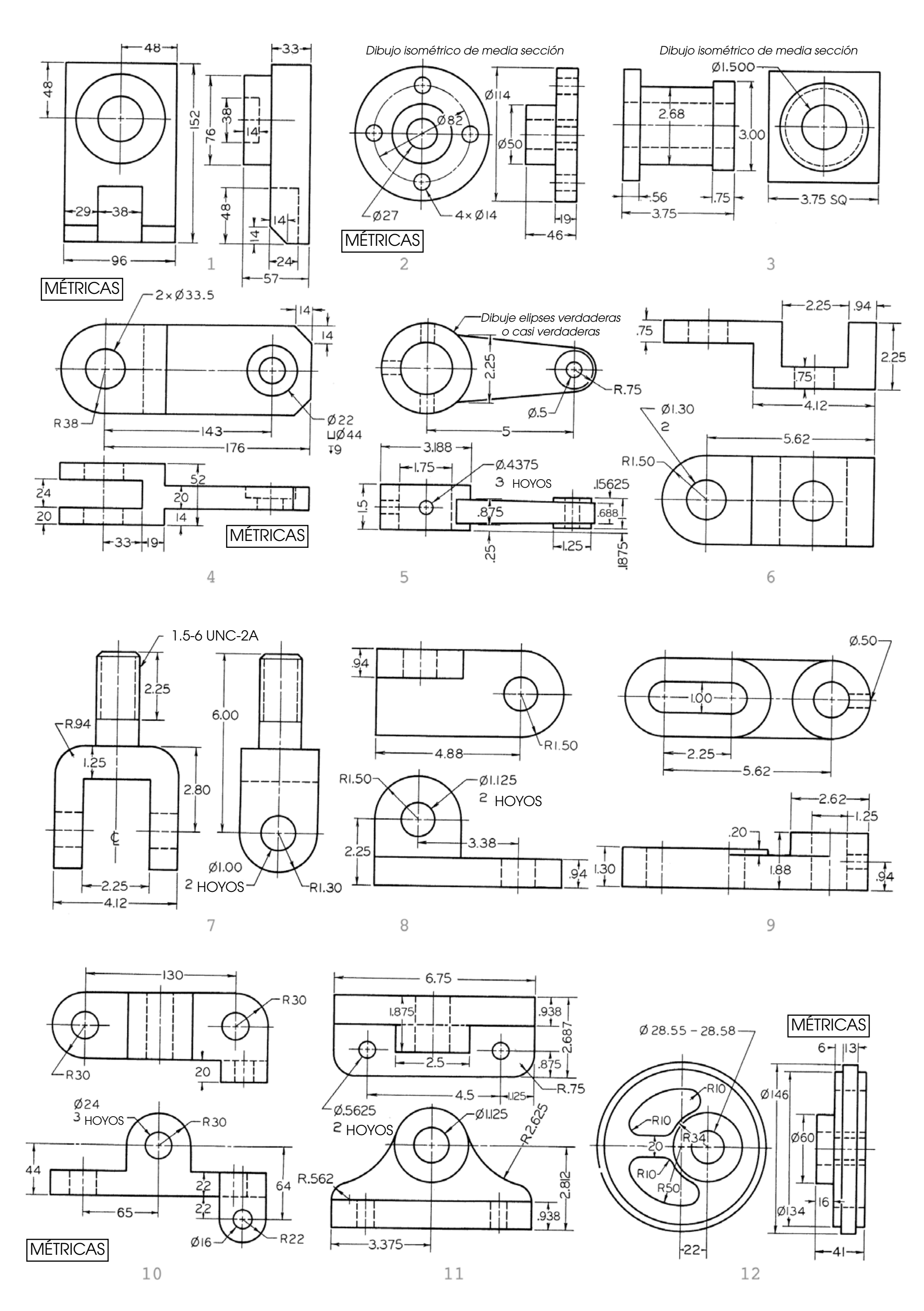
Use dibujo ilustrativo para mostrar su diseño de una trampa para ratones mejor que las existentes. Decida si quiere que su trampa sea barata y eficiente, o cara e imaginativa. Considere un tamaño tradicional, uno más grande o una opción en miniatura. Use una escala apropiada para mostrar todos los elementos con claridad.



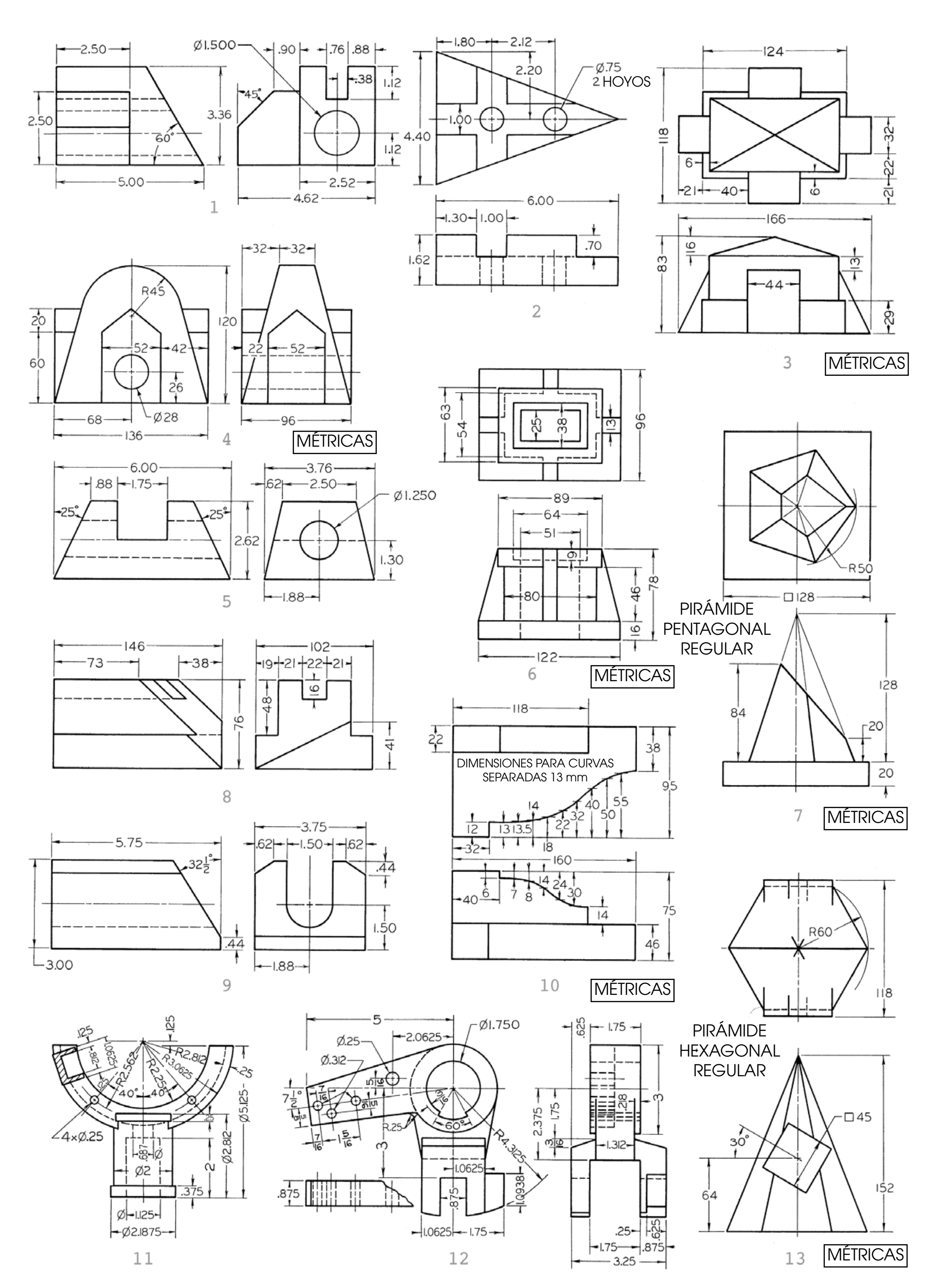
■ **FIGURA 6.39** ■ Haga bosquejos isométricos a mano alzada, elija los ejes de forma que se muestren los objetos de la mejor manera posible.



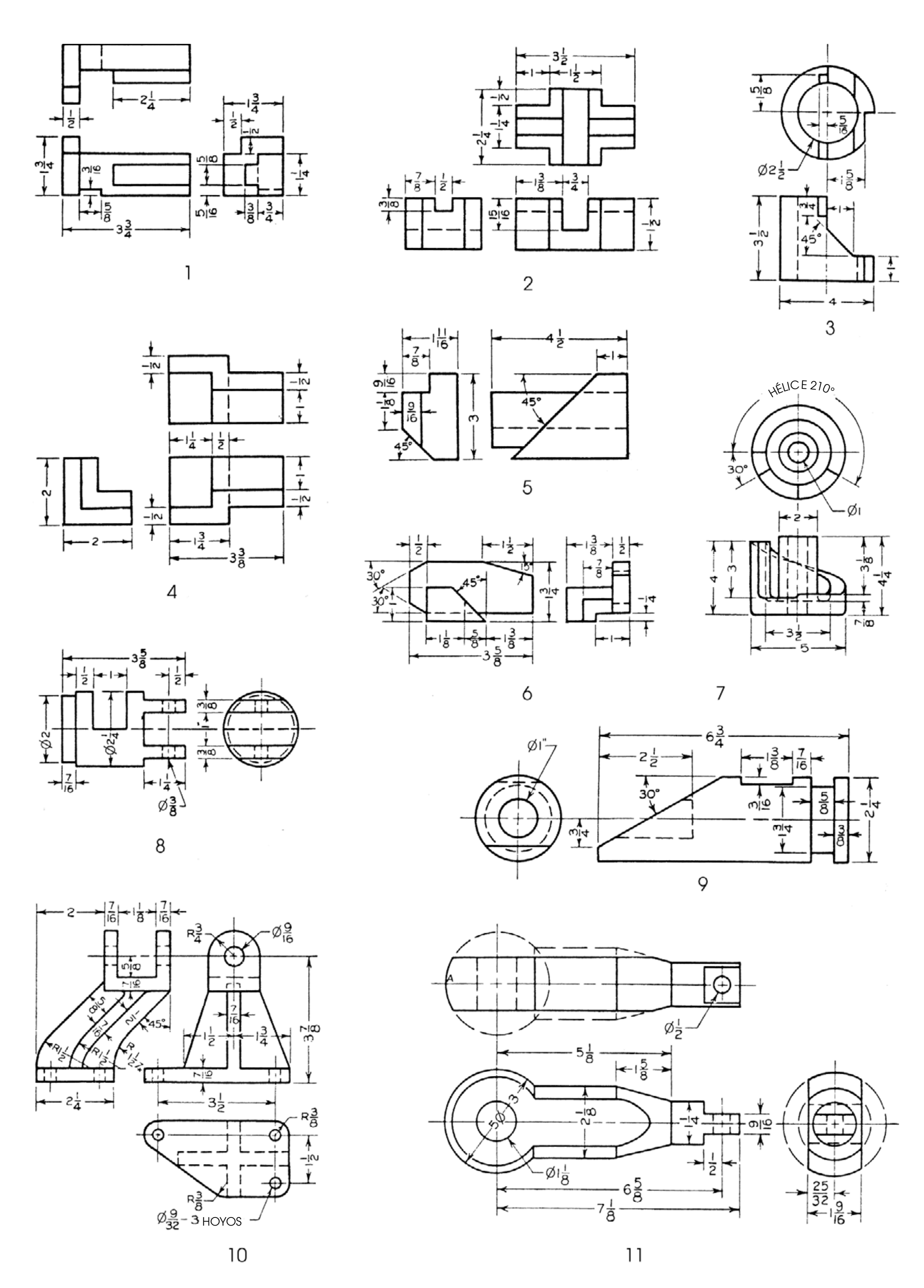
■ **FIGURA 6.40** ■ Haga bosquejos isométricos u oblicuos a mano alzada, según lo determine su profesor. Si se requieren dimensiones, consulte §6.20.



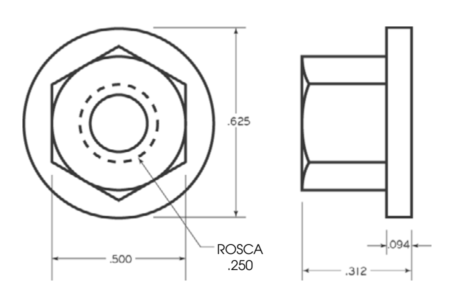
■ **FIGURA 6.41** ■ Haga bosquejos isométricos u oblicuos a mano alzada, según lo determine su profesor. Si se requieren dimensiones, consulte §6.20.



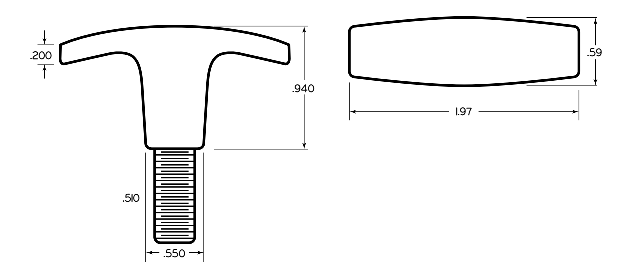
■ **FIGURA 6.42** ■ Haga bosquejos isométricos u oblicuos a mano alzada, según lo determine su profesor. Si se requieren dimensiones, consulte §6.20.



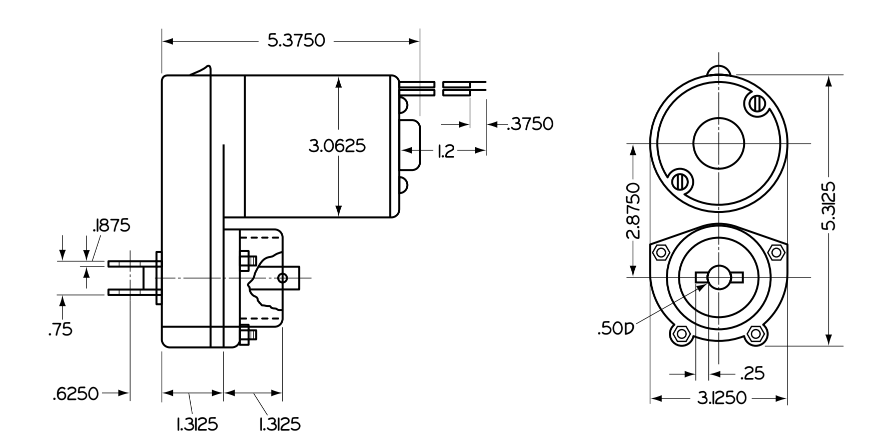
■ **FIGURA 6.43** ■ Haga bosquejos isométricos u oblicuos a mano alzada, según lo determine su profesor. Si se requieren dimensiones, consulte §6.20.



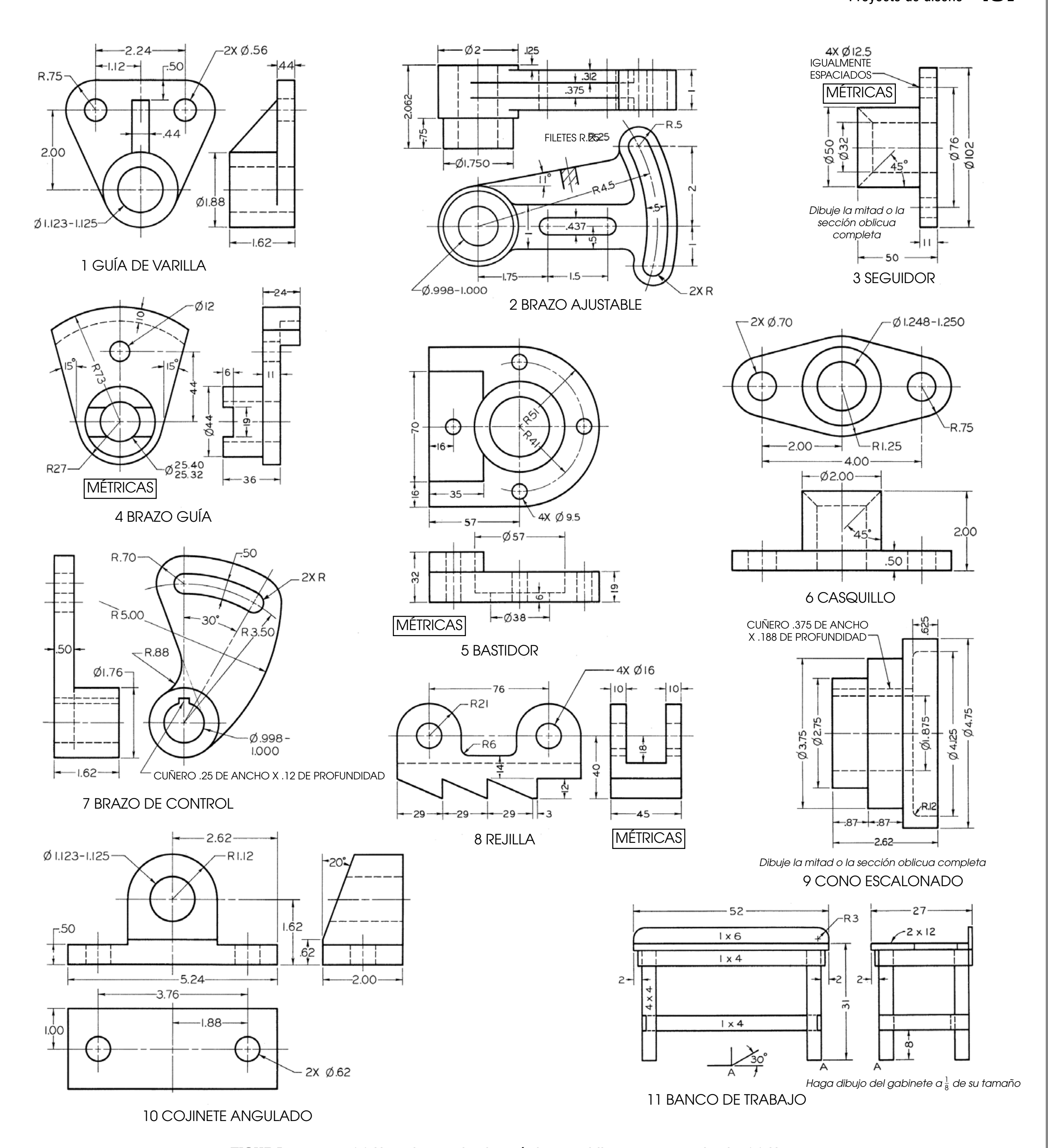
■ **FIGURA 6.44** ■ Tuerca de collar de nylon. (1) Haga un bosquejo isométrico a mano alzada. (2) Haga un dibujo isométrico con instrumentos, para ello utilice hojas de tamaño A o A4 u hojas de tamaño B o A3, según lo determine su profesor.



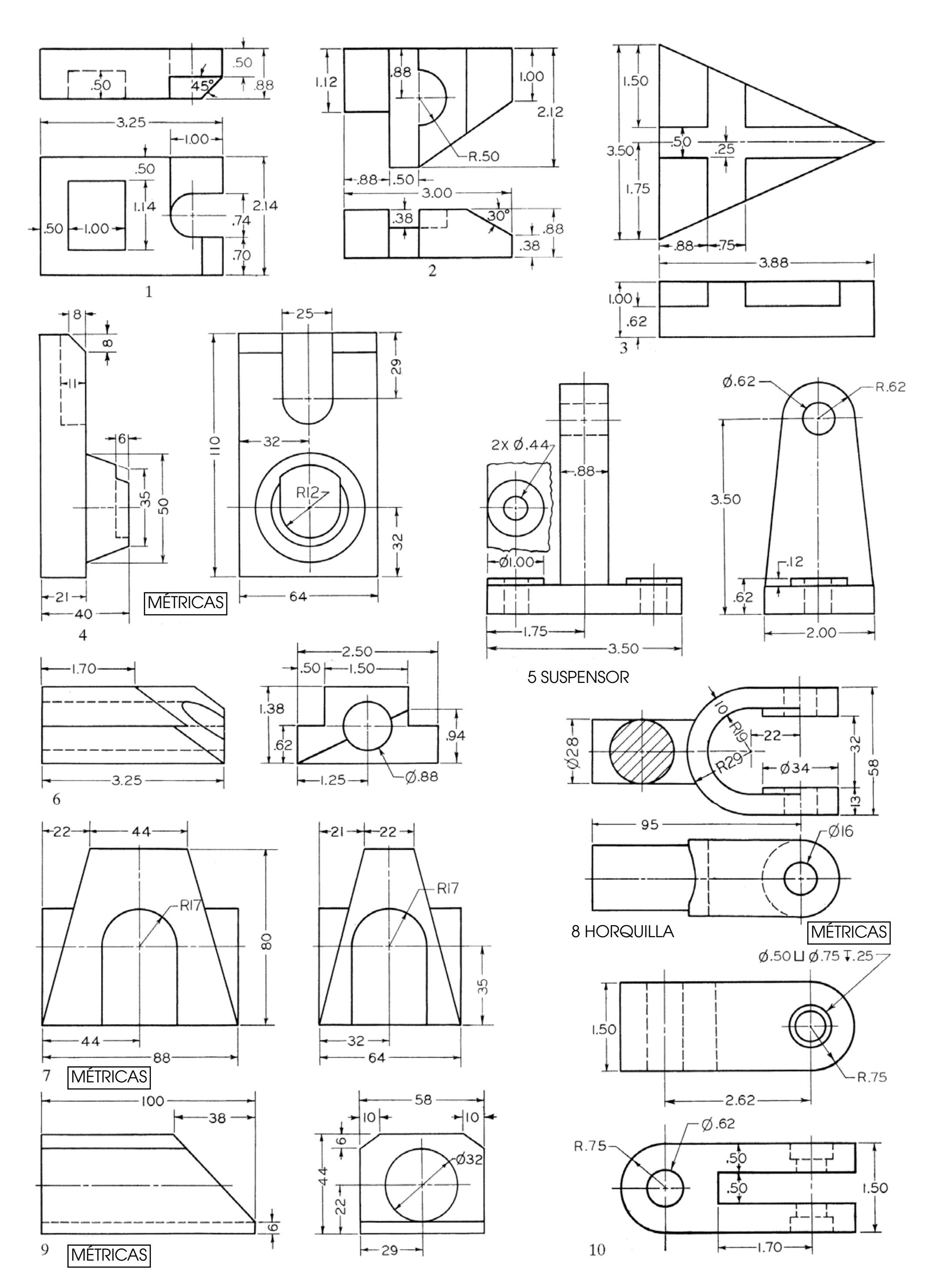
■ **FIGURA 6.45** ■ Manija T de plástico con perno de acero. (1) Haga un dibujo dimétrico con instrumentos; utilice hojas de tamaño A o A4, según lo determine su profesor. (2) Haga un dibujo trimétrico con instrumentos; utilice hojas de tamaño A o A4, según lo determine su profesor.



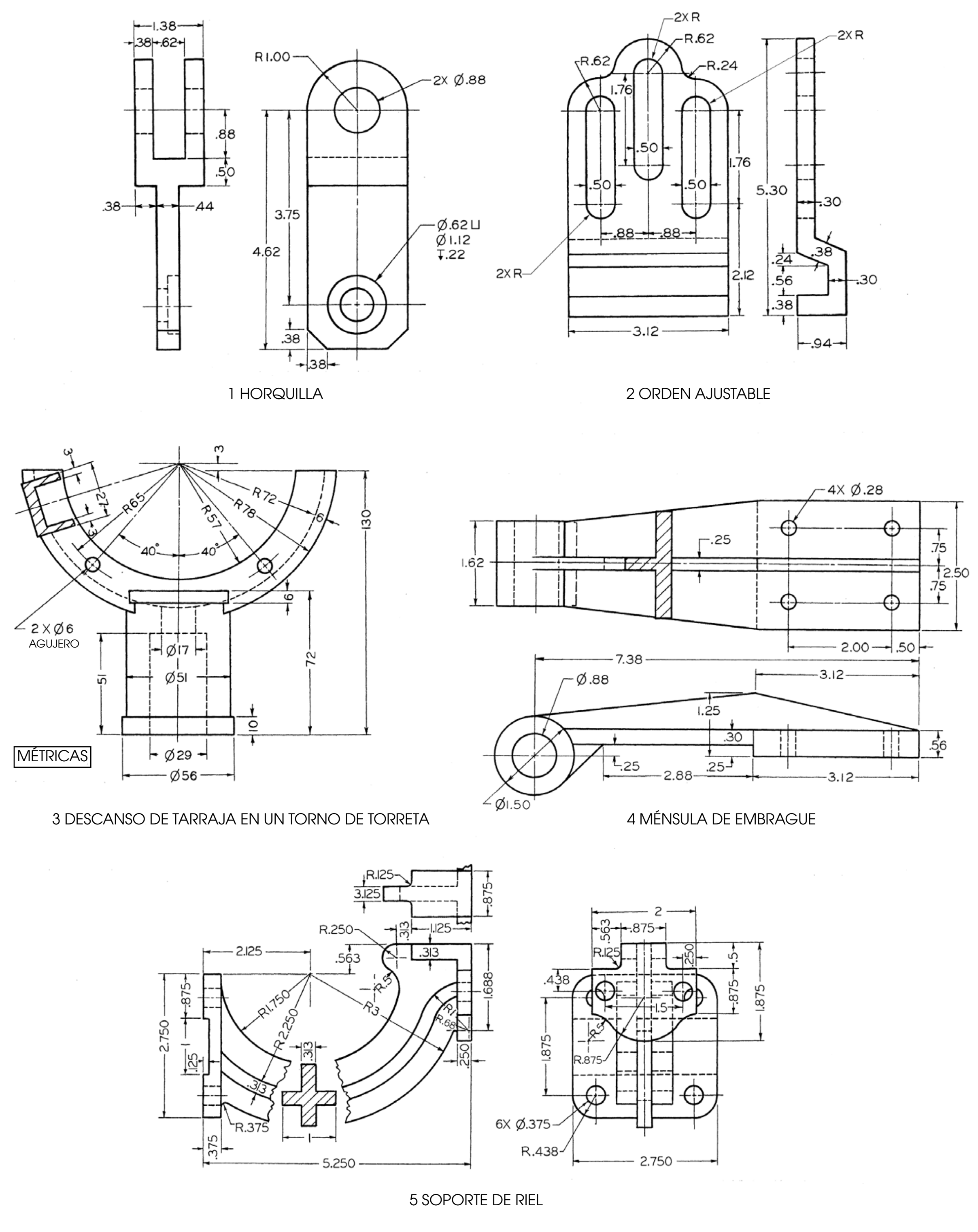
■ **FIGURA 6.46** ■ Actuador lineal. Haga un bosquejo isométrico u oblicuo; utilice hojas de tamaño A o A4, según lo determine su profesor.



■ **FIGURA 6.47** ■ (1) Haga bosquejos isométricos u oblicuos a mano alzada. (2) Haga dibujos isométricos u oblicuos con instrumentos; utilice hojas de tamaño A o A4 u hojas de tamaño B o A3, según lo determine su profesor.



■ **FIGURA 6.48** ■ Haga dibujos isométricos u oblicuos a mano alzada; utilice hojas de tamaño A o A4 u hojas de tamaño B o A3, según lo determine su profesor.



1 HORQUILLA

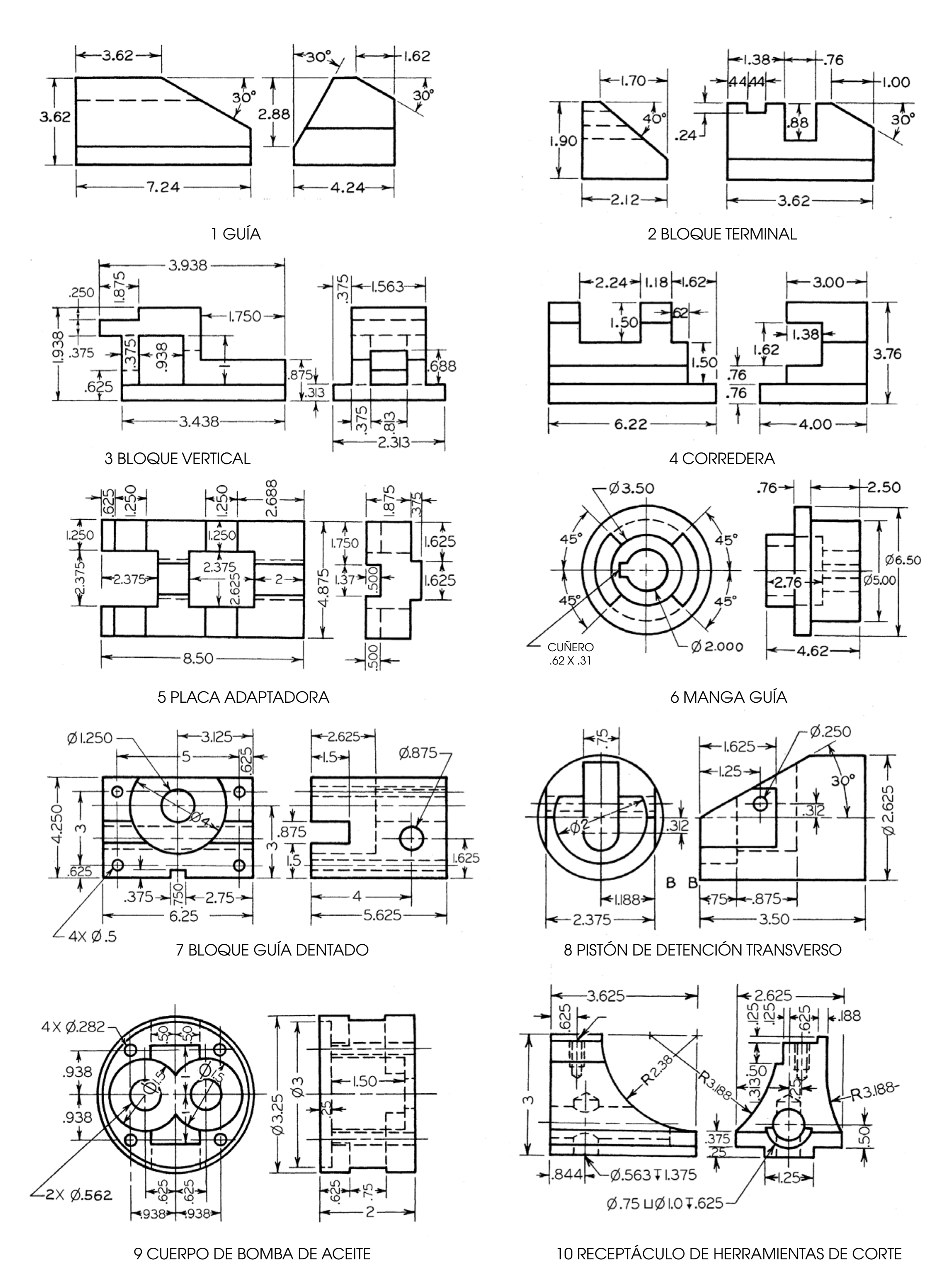
2 ORDEN AJUSTABLE

3 DESCANSO DE TARRAJA EN UN TORNO DE TORRETA

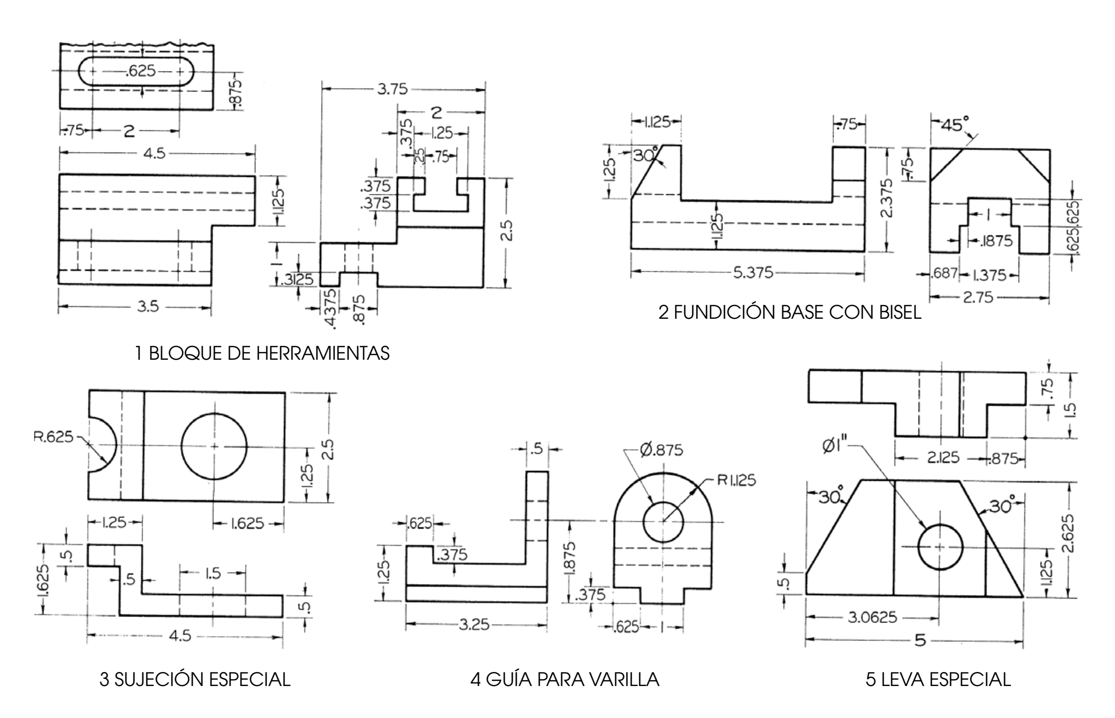
4 MÉNSULA DE EMBRAGUE

5 SOPORTE DE RIEL

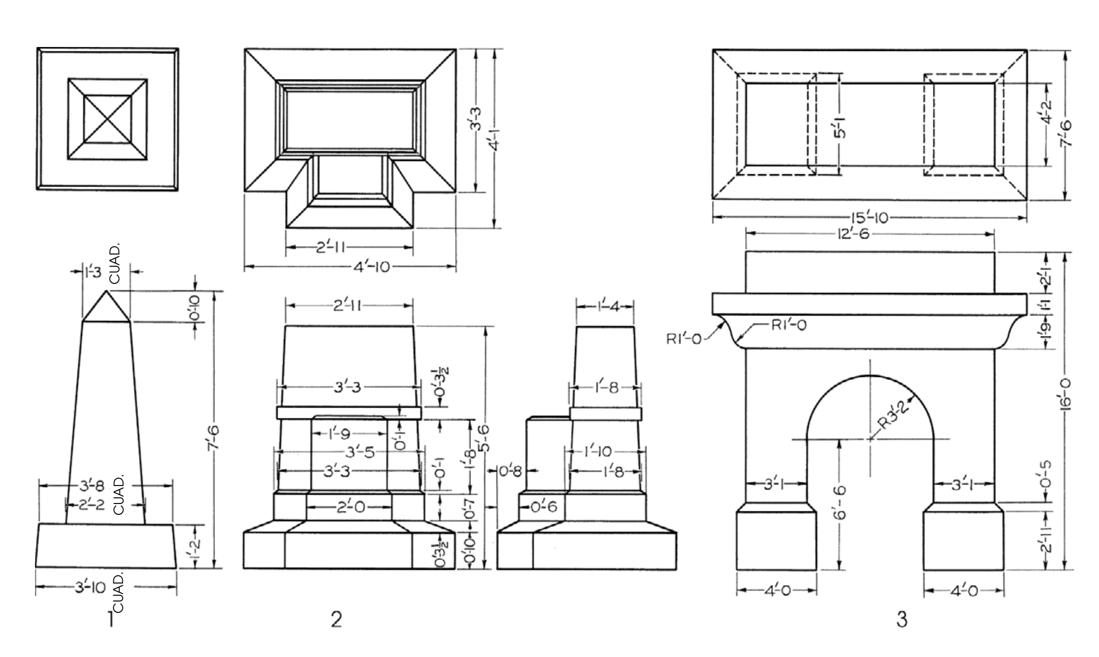
■ **FIGURA 6.49** ■ Haga dibujos isométricos u oblicuos; utilice hojas de tamaño A o A4 u hojas de tamaño B o A3, según lo determine su profesor.



■ **FIGURA 6.50** ■ Haga dibujos isométricos u oblicuos; utilice hojas de tamaño A o A4 u hojas de tamaño B o A3, según lo determine su profesor.



■ **FIGURA 6.51** ■ Dibuje dos vistas y una perspectiva del problema asignado. Omita las dimensiones. Seleccione el tamaño de hoja y la escala.



■ **FIGURA 6.52** ■ Dibuje dos vistas y una perspectiva del problema asignado. Omita las dimensiones. Seleccione el tamaño de hoja y la escala.

Capítulo

7

Vistas de sección

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Entender el significado de las secciones y las líneas cortantes al plano.**
2. **Identificar siete tipos de secciones.**
3. **Dibujar una vista de sección de un dibujo con dos vistas.**
4. **Demostrar las técnicas apropiadas para seccionar costillas, mallas y rayos.**
5. **Demostrar la técnica apropiada para secciones alineadas.**
6. **Reconocer los patrones de tramas, o forros de sección, para 10 materiales diferentes.**
7. **Dibujar los símbolos convencionales para el rompimiento correcto de objetos alargados.**

PANORAMA

Hasta ahora hemos analizado los métodos básicos para representar objetos mediante vistas o proyecciones. Es posible describir diseños complicados dibujando cuidadosamente ciertas vistas seleccionadas; sin embargo, las líneas ocultas que muestran elementos interiores con frecuencia son difíciles de interpretar. Las vistas de sección (a menudo llamadas secciones cruzadas o, simplemente, secciones) muestran dichos interiores como si el objeto estuviera rebanado de lado a lado, de forma muy parecida a como se parte una manzana o un melón. Las secciones se emplean cuando es necesario mostrar claramente la estructura interna de los objetos complejos que, dibujados de otra forma, requieren demasiadas líneas ocultas. Existen muchos tipos de vistas de sección, por lo que es necesario estar familiarizado con ellos y saber cuándo utilizar cada uno. Frecuentemente, las secciones reemplazan una de las vistas primarias en el dibujo.

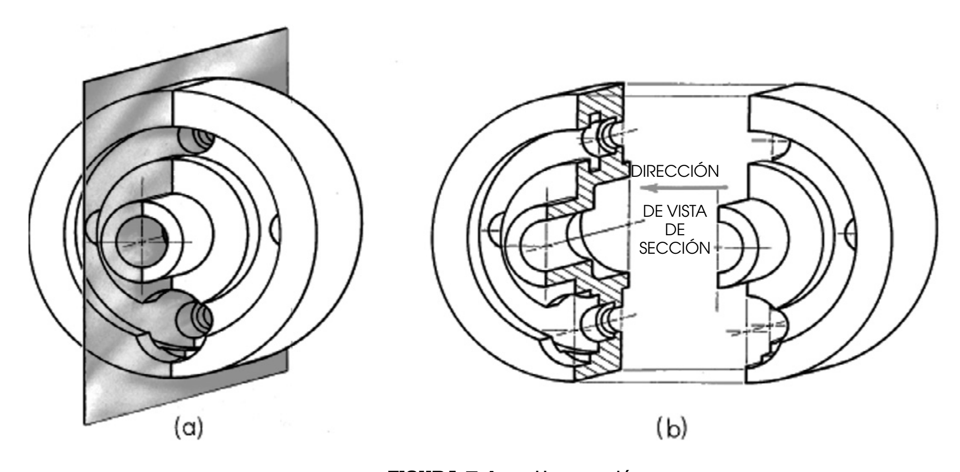
La línea de corte al plano muestra el lugar donde el objeto está hipotéticamente cortado. Las tramas cruzadas, algunas veces llamadas forros de sección, acentúan las partes sólidas del objeto seccionado por el plano cortante. Las líneas ocultas pueden volverse visibles al seccionar el objeto. Por lo general, las líneas que permanecen ocultas no se dibujan en las vistas de la sección. Con la intención de hacer secciones fáciles de interpretar, se utilizan convenciones especiales (como dejar costillas, mallas y otros elementos similares sin rellenar). La creación de una vista de sección puede ser una operación complicada cuando se utilizan programas de CAD. Es necesario entender a profundidad los conceptos descritos en este capítulo para tener la capacidad de crear vistas de sección claras y fáciles de interpretar mediante el uso de CAD. Consulte los estándares ANSI/ASME Y14.2M-1992 y Y14.3M-1994 para dibujos con vistas múltiples y dibujos de sección.

7.1 ■ SECCIONAMIENTO

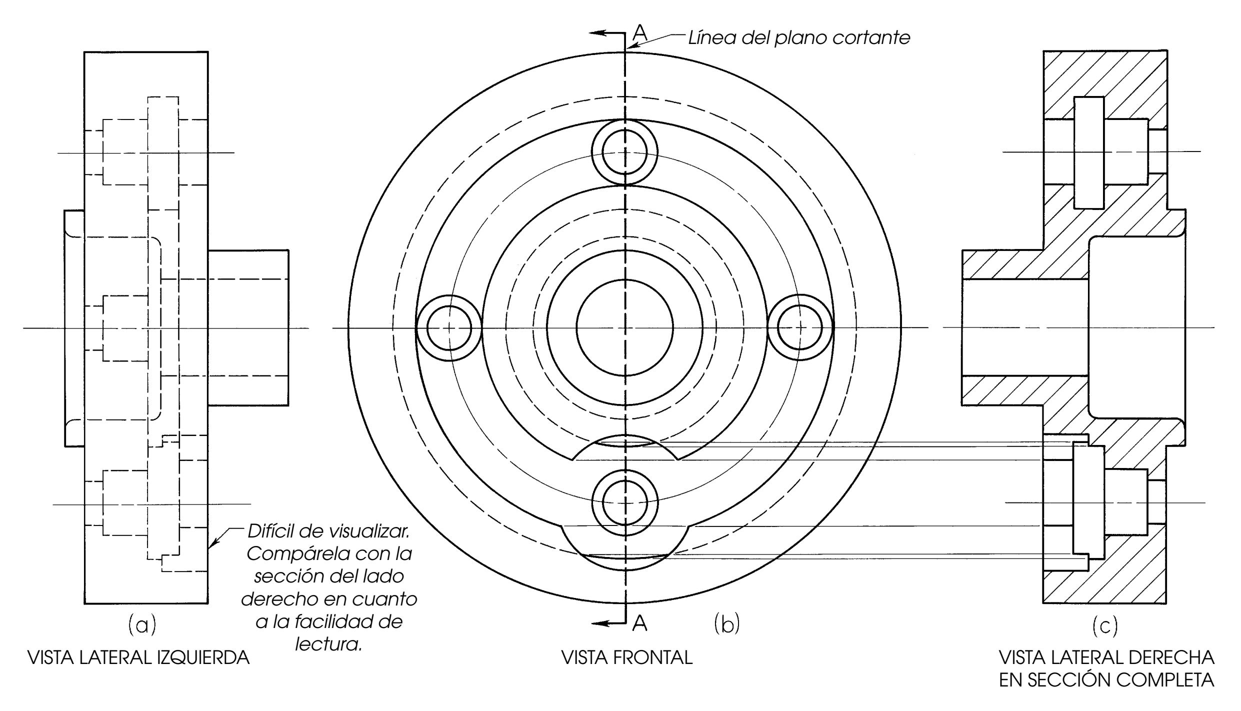
Para producir una ***vista de sección*** es necesario imaginar un ***plano en corte*** que divide al objeto, como la figura 7.1a lo muestra; después, se dibujan las dos mitades separadas del objeto (figura 7.1b). En este caso, en la vista de sección se observará hacia la mitad izquierda del objeto. En otras palabras, la dirección para la vista de sección es hacia la mitad izquierda, con la mitad derecha descartada en forma mental. En este caso, la vista de sección sustituye a la vista lateral derecha.

7.2 ■ SECCIONES COMPLETAS

La sección producida al cortar todo el objeto se llama ***sección completa*** (figura 7.2c). Compare esta sección con la vista izquierda de la figura 7.2a y note cuánto mejor muestra los detalles del interior. (Normalmente, la vista izquierda no se mostrará debido a que duplica información que se muestra en la vista de sección). Aquí se presenta sólo como un ejemplo. Observe que la mitad derecha del objeto no se retira en ningún lugar excepto en la misma vista de sección; sólo se imagina removida para producir



■ **FIGURA 7.1** ■ Una sección



■ **FIGURA 7.2** ■ Sección completa.

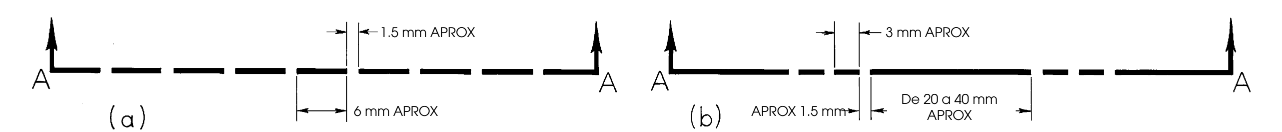
la sección. Las áreas con tramas cruzadas, creadas con líneas paralelas delgadas igualmente espaciadas a simple vista, representan las partes sólidas que se han cortado. Las partes del objeto que ahora son visibles detrás del plano cortante se muestran pero sin una trama cruzada.

7.3 ■ PLANO EN CORTE

La ***línea del plano en corte***, que se observa en la vista frontal de la figura 7.2b, se muestra como un patrón de línea especial. Las flechas en los extremos de la línea del plano en corte indican la dirección de la vista de sección. En la mayoría de los casos, la ubicación del plano en corte es obvia desde la misma sección, por lo que puede omitirse la línea del plano en corte, pero debe mostrarse siempre que sea necesaria para agregar claridad al dibujo (en la figura 7.2 se muestra sólo como una ilustración). El corte indica en una vista adyacente a la vista de sección. Se puede pensar en la línea del corte como una vista donde se muestra el borde de dicho plano. Cuando una línea del plano en corte coincide con una línea central, tiene precedencia la línea del corte.

7.4 ■ PATRONES DE LÍNEA DEL PLANO EN CORTE

La figura 7.3 presenta dos patrones de línea usados para mostrar la línea del plano en corte. Un estilo utiliza segmentos de línea iguales alrededor de cada 6.35 mm (1/4 de pulg) o más largos, además de las flechas; el otro emplea segmentos largos alternados con pares de segmentos cortos además de las flechas. Este patrón ha tenido un uso generalizado por mucho tiempo. Ambas líneas deben trazarse gruesas, similares al grosor de las líneas visibles del dibujo. Las flechas indican la dirección en la que se observa el objeto cortado. Una variación de la línea de corte muestra sólo los extremos de dicho plano con las flechas. Cuando se usa este estilo, debe dejarse un pequeño espacio entre el plano en corte y el objeto (figura 7.4c). Este estilo resulta útil para dibujos complicados donde la presentación del plano completo haría confusa una parte del dibujo. Cuando es necesario, se utilizan letras mayúsculas en los extremos del plano en corte para identificar la sección indicada, como en los dibujos de secciones múltiples o secciones desplazadas, que se describirán posteriormente en este capítulo.



■ **FIGURA 7.3** ■ Líneas de plano cortante (tamaño completo).

7.5 ■ INTERPRETACIÓN DE CORTES Y SECCIONES

A menudo, las vistas de sección sustituyen algunas vistas estándar. En la figura 7.4a, el corte es frontal (es decir, paralelo a la vista frontal) y aparece como una línea en la vista superior. La mitad frontal del objeto debe imaginarse desplazado. Las flechas en los extremos de la línea de corte apuntan en la dirección de la vista para una sección frontal. Observe que las flechas no apuntan en la dirección del retiro de la parte desplazada, sino a la parte del objeto conservada e indica la dirección en la que el observador verá para dibujar la vista de sección. El resultado se llama sección frontal o vista frontal en sección, puesto que reemplaza a la vista frontal en el dibujo.

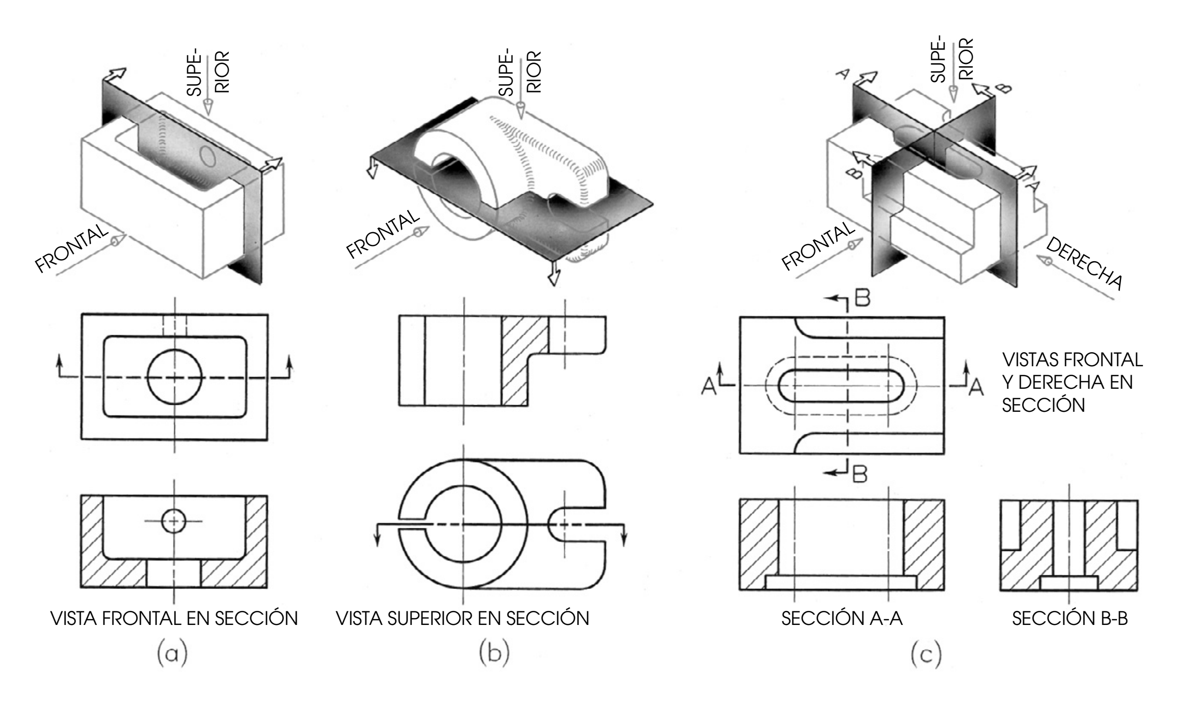
En la figura 7.4b el corte es horizontal y aparece como una línea en la vista superior. La mitad superior del objeto debe imaginarse como desplazada. Las flechas apuntan hacia la mitad inferior en la misma dirección de mirada que para la vista superior. El resultado es una vista superior en sección.

En la figura 7.4c se muestran dos planos cortantes (uno frontal y el otro de perfil, o paralelo a las vistas laterales) y ambos aparecen sobre un borde en la vista superior. Cada sección es completamente independiente de la otra. Para la sección A-A, la mitad frontal del objeto se imagina removida, la mitad posterior se ve en la dirección de las flechas para una vista frontal y el resultado es una sección frontal. Para la sección B-B, la mitad derecha del objeto se imagina removida y la izquierda se ve en la dirección de las flechas, con lo que se produce una sección lateral derecha. De preferencia, las líneas del plano cortante se dibujan a través de una vista exterior (en este caso la vista superior) en lugar de a través de una vista de sección.

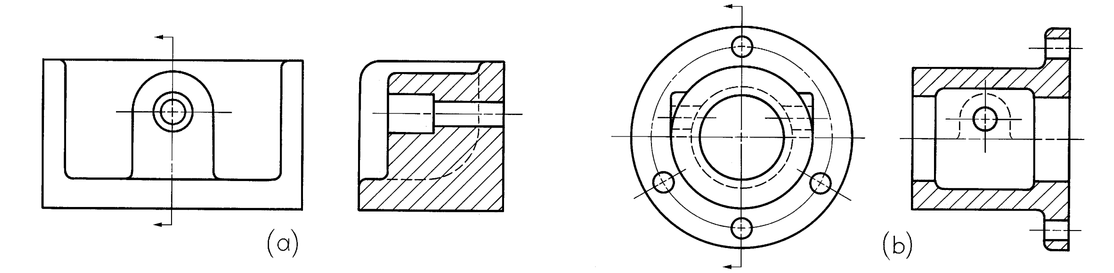
Las líneas del plano cortante en la figura 7.4 se muestran sólo para indicar el corte del objeto. Por lo general, en casos como éstos, donde la ubicación del plano cortante es obvia, las líneas que indican dicho plano se omiten.

Cuando se dibujan vistas de sección, deben tenerse en mente lo siguiente:

- *Deben mostrarse los bordes visibles y los contornos detrás del plano cortante*; de otra forma parecerá que la sección está hecha de partes desconectadas y sin relación. Sin embargo, ocasionalmente, las líneas visibles detrás del plano cortante no son necesarias para la claridad del dibujo, y por ende se omiten.
- *Las líneas ocultas deben omitirse en las vistas de sección*. Las secciones se usan principalmente para reemplazar representaciones de líneas ocultas, cuyo trazado requiere mucho tiempo y pueden ser confusas. Algunas veces, las líneas ocultas son necesarias para la claridad; por ejemplo, cuando una característica del objeto no estaría claramente definido en otra vista. Al mostrar algunas líneas ocultas en la sección es posible omitir una vista, en cuyo caso debe elegirse mostrar las líneas ocultas (figura 7.5).



■ **FIGURA 7.4** ■ Planos en corte y secciones.



■ **FIGURA 7.5** ■ Líneas ocultas en secciones.

- *Un área seccionada siempre está delimitada completamente por una línea exterior visible, nunca por una línea oculta*. En cualquier caso, las superficies en corte y sus líneas delimitantes serán visibles porque ahora son la parte más cercana del objeto. Además, una línea visible nunca puede cortar un área seccionada porque toda el área del plano en corte pertenece a un sólo plano (posteriormente, en este mismo capítulo, se estudiarán planos en corte acotados y alineados; incluso en tales casos, la superficie de corte se imagina como perteneciente al mismo plano).
- *Las tramas cruzadas en todas las áreas rellenadas deben ser paralelas en cualquier vista de sección de un solo objeto*, individual o dentro de un ensamble. El uso de tramas en diferentes direcciones indican partes diferentes, como cuando dos o más partes son adyacentes en el dibujo de un ensamble.

Manos a la obra 7.1

Identificación de errores en vistas de sección

E.

INSTRUCCIONES:

Cada uno de los dibujos mostrados a la derecha representa una sección de la vista frontal que se da al inicio de este ejercicio. Una de ellas está dibujada en forma correcta y las otras son erróneas por razones distintas. Haga la descripción del error cometido; para ello escriba la letra correspondiente en el espacio destinado para tal efecto. Como ejemplo se ha relacionado una de los figuras con el inciso correspondiente.

A. Se presentan líneas perdidas del objeto que son visibles detrás del plano en corte.

B. Correcta.

C. Las áreas con trama son visibles, nunca delimitadas por líneas ocultas.

D. Por lo general, las líneas ocultas no se muestran.

E. En una misma parte, las tramas siempre tienen la misma dirección.



Manos a la obra 7.2

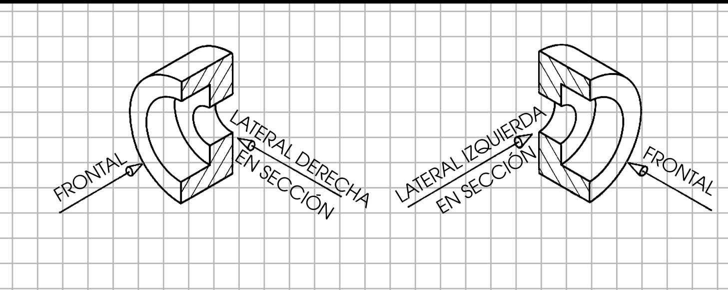
Líneas de plano cortante y vistas de sección

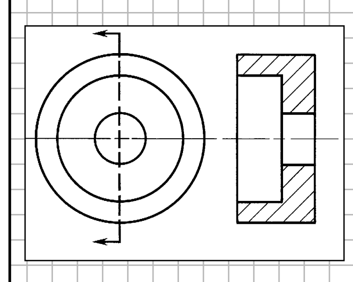
INSTRUCCIONES:

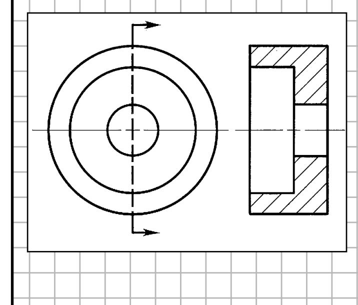
De las líneas de plano cortante y las correspondientes vistas de sección que se presentan abajo, dos son correctas y una es correcta.

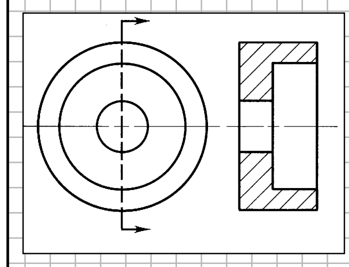
1. Use las vistas ilustrativas de la derecha como ayuda para determinar cuál dibujo muestra la relación correcta entre la línea del plano en corte y la vista de sección correspondiente.
2. Escriba "incorrecto" enseguida de los dibujos que muestran una relación errónea y bosquéjelos de la manera correcta en el espacio proporcionado.

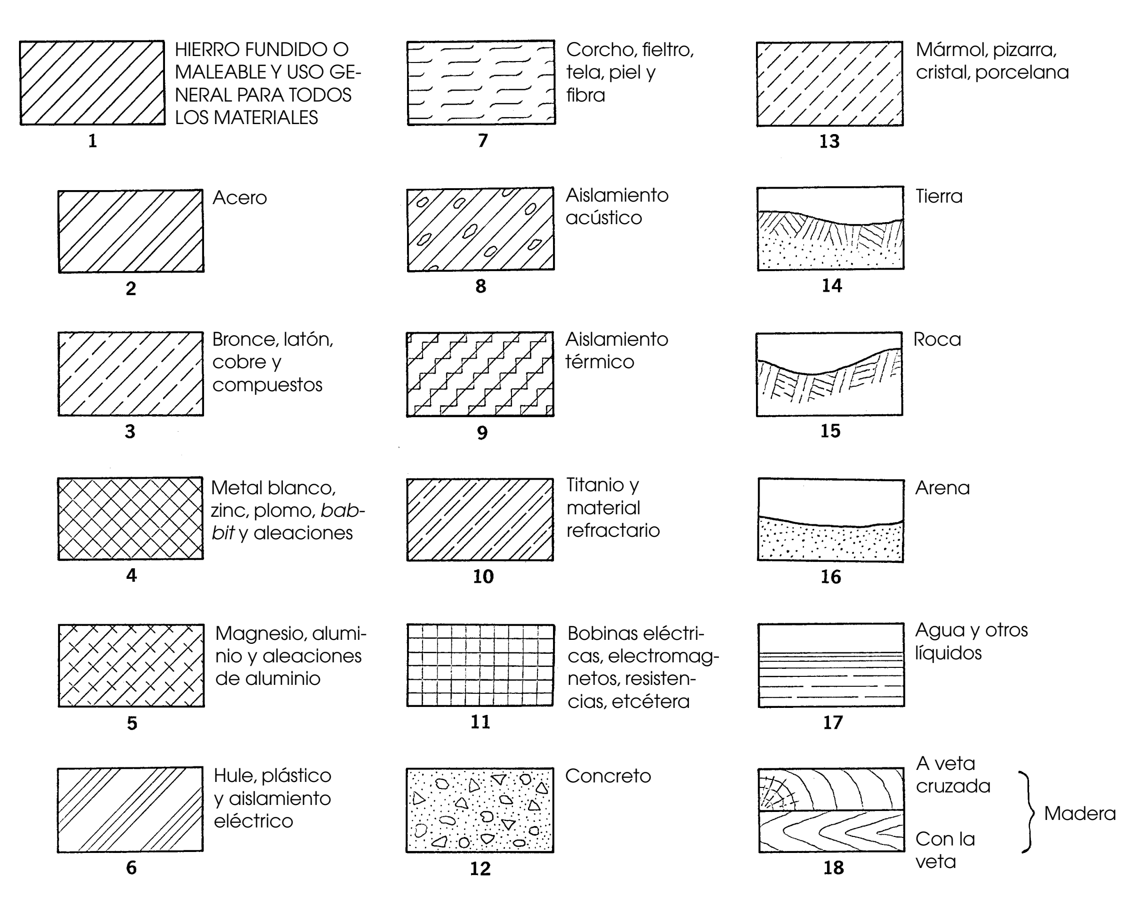
Para obtener ayuda en la interpretación de planos en corte y secciones, consulte la sección 7.5.











■ **FIGURA 7.6** ■ Patrones de trama.

7.6 ■ TRAMAS CRUZADAS

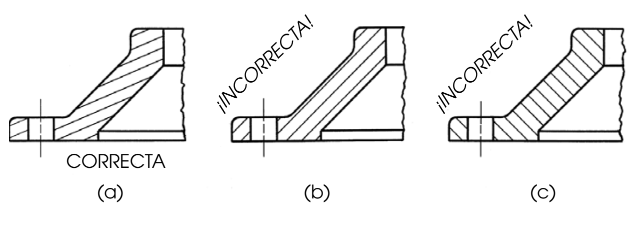
Las ***tramas cruzadas*** de la figura 7.6 se emplean para representar tipos generales de material como hierro fundido, latón y acero. Como en la actualidad existen muchos tipos y subtipos de materiales, un nombre, o símbolo, general no es suficientemente descriptivo; por ejemplo, existen cientos de tipos diferentes de acero. Por lo tanto, las especificaciones detalladas del material se proporcionan casi siempre en una nota o una pequeña inscripción, y en los dibujos se utiliza la trama cruzada de propósito general para el hierro fundido.

Se pueden usar diferentes tramas en dibujos de ensambles donde se desea distinguir entre materiales; en otro caso, se utiliza el símbolo de propósito general. Usualmente, los programas de CAD incluyen varios patrones de tramas, lo que facilita la identificación de distintos tipos de materiales.

La trama debe espaciarse de manera tal, que sea vea tan uniforme como sea posible, entre aproximadamente 1.5 mm (1/16 pulg) y 3 mm (1/8 pulg), aunque puede haber una separación mayor si así lo exige el tamaño del área seccionada. Para la mayoría de los dibujos, el espaciado debe ser de alrededor de 2.5 mm (3/32 pulg). Como regla general, las líneas deben espaciarse de manera tan generosa como sea posible y deben dejarse lo suficientemente cerca para que las áreas seccionadas se distingan con claridad.

Las líneas de trama deben hacerse a 45 grados respecto a la horizontal, a menos que se vean mejor en un ángulo diferente. Por ejemplo, en la figura 7.7 la trama a 45 grados sería casi paralela o casi perpendicular a un elemento importante. En este caso, la trama luce mejor dibujada a 30 grados, 60 grados o algún otro ángulo.

Se recomienda que las dimensiones estén fuera de las áreas con trama, pero cuando esto es inevitable la trama debe omitirse del sitio donde se coloque la cifra con la dimensión. La figura 7.8 muestra un ejemplo en el que



■ **FIGURA 7.7** ■ Dirección de la trama.

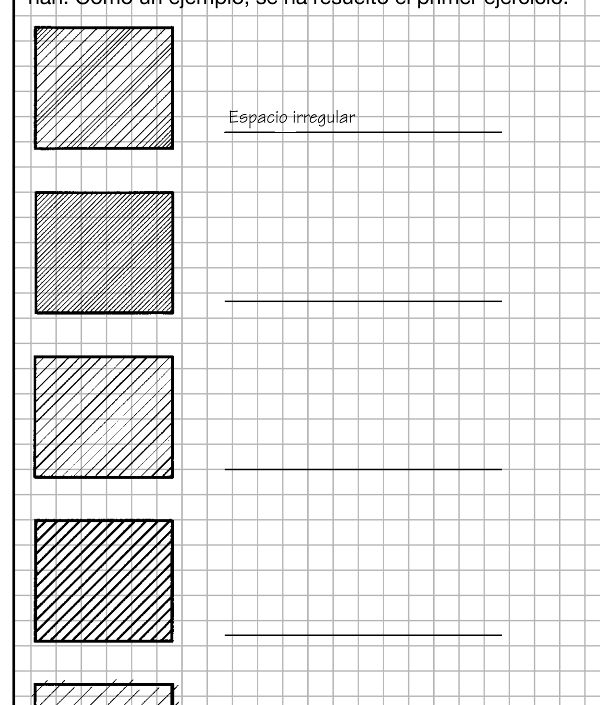


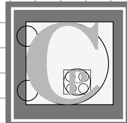
Manos a la obra 7.3

Tramas

INSTRUCCIONES

¿Qué es incorrecto en cada una de las siguientes muestras de trama? Busque sugerencias en el consejo práctico de la derecha. Escriba las respuestas en los espacios que se proporcionan. Como un ejemplo, se ha resuelto el primer ejercicio.

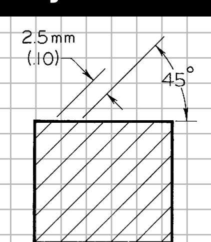




Consejos prácticos

Métodos para dibujar tramas

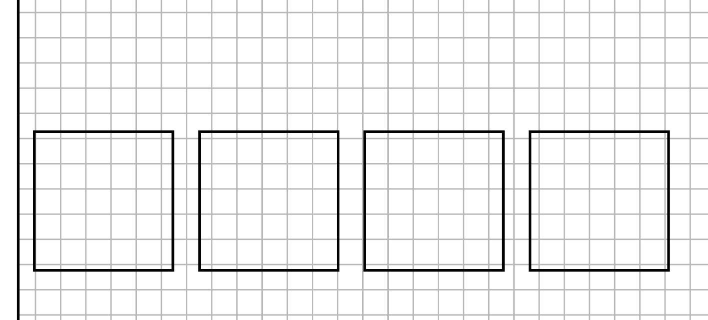
El método correcto para dibujar tramas se muestra a la derecha. Dibuje con un lápiz afilado de grado medio, como H o 2H. Enseguida se presentan algunas sugerencias útiles.

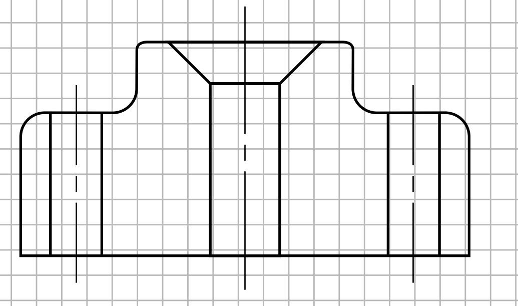


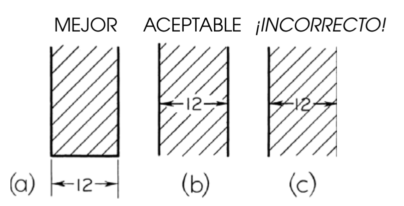
- Después de dibujar unas cuantas líneas, observe en forma repetida el espaciado original para evitar aumentar o disminuir gradualmente los intervalos.
- Casi invariablemente los principiantes dibujan las líneas de la trama demasiado cerca. Esto no sólo implica más tiempo, sino que hace que una inexactitud en el espaciado sea más obvia.
- La trama debe ser uniformemente delgada, no debe haber variaciones en el grosor. Debe haber un contraste notable entre el grosor de las líneas de contorno y el de la trama.
- La trama no debe ser demasiado gruesa.
- Evite trazar las líneas de la trama más allá de las líneas del contornos o dejarlas demasiado cortas.

PRÁCTICA

Practique la elaboración de tramas en los siguientes cuadros, después agregue una trama al dibujo de la derecha.







■ **FIGURA 7.8** ■ Dimensiones y tramas (en unidades métricas).

se omite la trama en el sitio donde se necesitan dimensiones.

En el caso de áreas extensas se recurre al tramado de contorno: en éste, se dibuja la trama sólo en las regiones contiguas a los contornos y se deja en blanco el resto. Cerciórese de que el dibujo resulte legible aún de esta forma. La figura 7.9 muestra un ejemplo del tramado de contorno.

7.7 ■ VISUALIZACIÓN DE UNA SECCIÓN

Como el propósito de una vista de sección es eliminar líneas ocultas y mostrar con claridad elementos interiores de un objeto, el plano en corte debe colocarse de manera que revele los detalles que deseen mostrarse.

Antes de poder dibujar una sección completa, es necesario anticipar cómo se vería el objeto una vez que el plano en corte lo haya seccionado. En el Paso a paso 7.1 se detalla el proceso utilizado para visualizar y dibujar una sección de un collarín perforado y contrataladrado.

La identificación de las superficies del objeto en cada vista permite proyectar la vista de sección con toda claridad: debe determinarse la ubicación para el plano en corte e imaginar que la parte del objeto entre el observador y el plano en corte ha sido retirada.

Para localizar los puntos que se usarán para crear la proyección de sección, deben identificarse los sitios por los que el plano en corte pasa a través de las partes sólidas del objeto, iniciando con las superficies exteriores del objeto, de las cuales se sabe que son sólidas. Después se proyectan los puntos que delimitan aquellas áreas sólidas a través de las cuales pasa el corte. Para representar las superficies cortadas en la vista de sección se utilizan tramas. También es importante recordar que deben mostrarse las partes del objeto que son visibles detrás del plano en corte y que no deben mostrarse líneas ocultas.

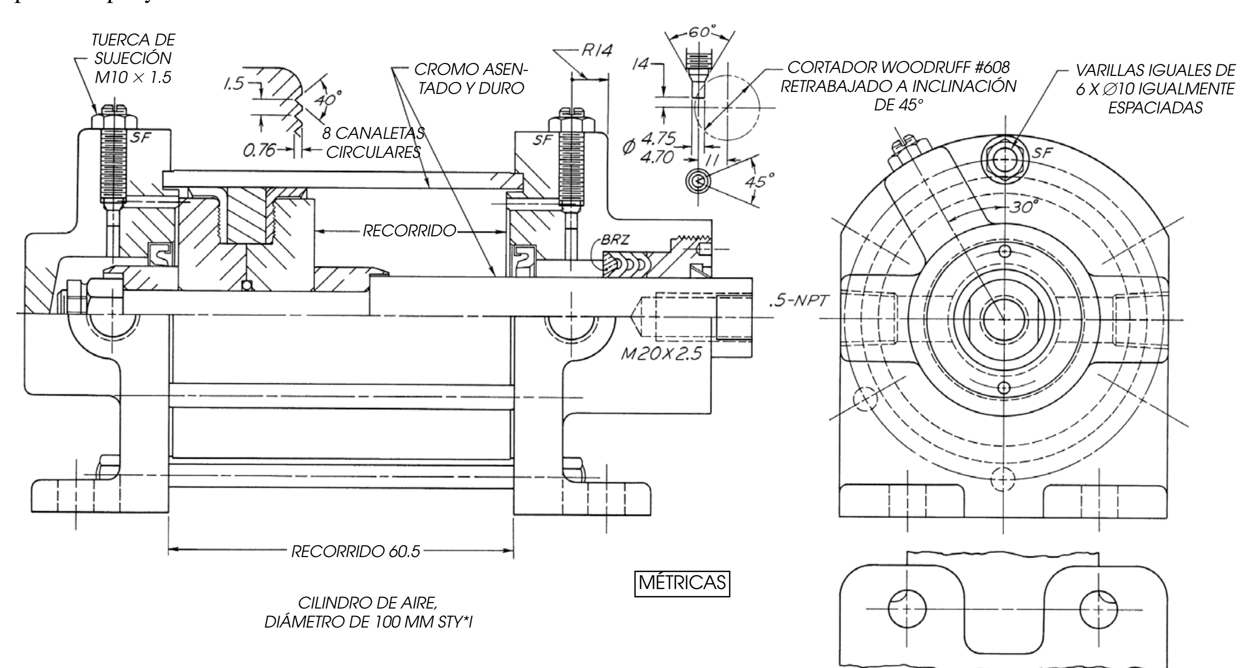


En la Web es posible encontrar ejemplos de vistas de sección de objetos tan diversos como sistemas complejos de calentamiento, productos arquitectónicos, la estación espacial *Mir*, e incluso el cuerpo humano.

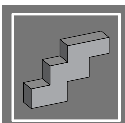
- **http://www.hebel.com/cutaway.htm**
- **http://shuttle.nasa.gov/sts-71/pob/sts71/slmir/cutaway.html**
- **http://www.ucar.edu/staffnotes/12.94/vizmanvid.mpg**

También pueden encontrarse patrones de trama, sugerencias y complementos para ser usados con sistemas CAD, en sitios como el siguiente:

- **http://www.cadsyst.com**



■ **FIGURA 7.9** ■ Esquema de diseño.



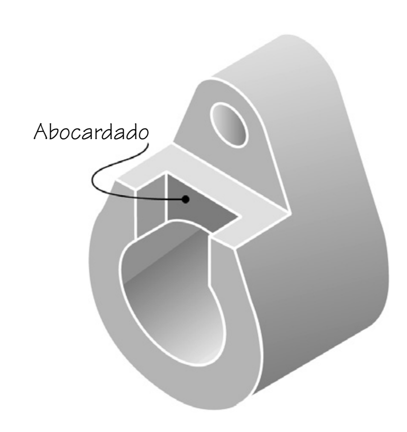
Paso a paso 7.1

Visualización de una sección completa



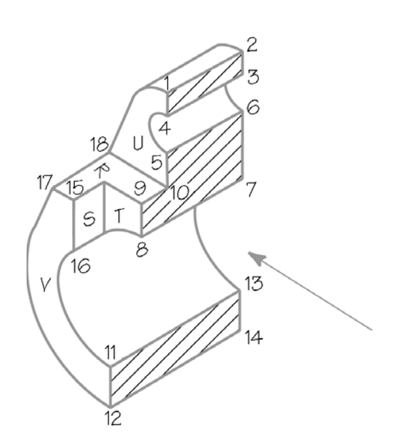
Paso 1: Selección de un plano en corte

La ilustración al final de este cuadro muestra dos vistas de un collarín que debe seccionarse. Tiene una un orificio perforado y otro abocardado. Para producir una sección clara que muestre tanto el orificio abocardado como el hoyo más pequeño en la parte superior del objeto, seleccione el plano de corte que pasa a través de la línea central vertical en la vista frontal e imagine que la mitad derecha del objeto ha sido desplazada.



Paso 2: Identificación de superficies

A continuación se presenta un dibujo ilustrativo de la mitad que se conserva. El primer paso para proyectar la vista de sección es asegurarse de que el objeto se interprete de manera correcta. La identificación de superficies en el objeto puede ser útil. Las superficies R, S, T, U y V se han etiquetado en las vistas dadas y la vista ilustrativa. ¿Cuál superficie es R en la vista frontal? ¿Cuál superficie es U en la vista superior? ¿Estas superficies son normales, inclinadas u oblicuas? ¿Puede identificar el abocardado en cada vista?



Paso 3: Dibujo de la vista de sección

Para dibujar la vista de sección, omita la parte del objeto enfrente del plano en corte; dibujará sólo la parte que se conserva.

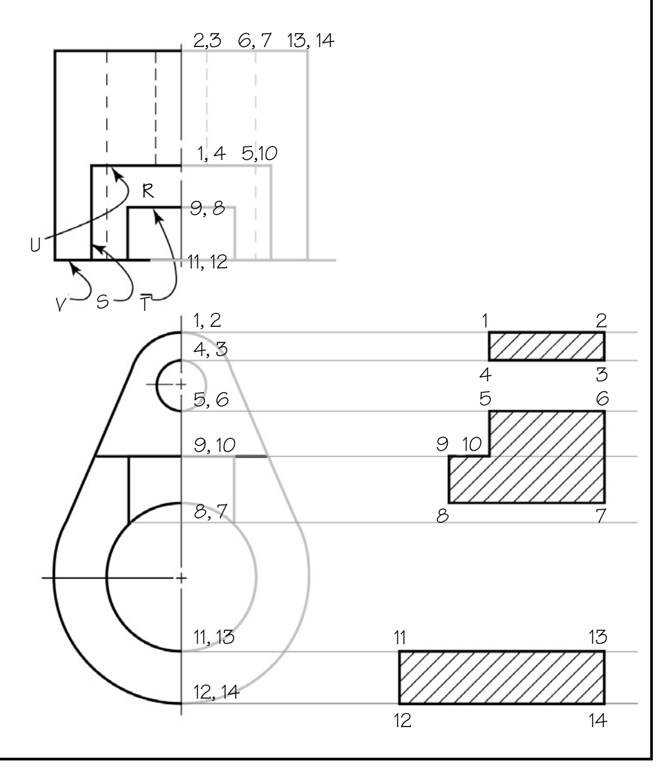
Determine cuáles son las partes sólidas del objeto por las que pasará el plano cortante. Sugerencia: El lado exterior de un objeto nunca puede ser un orificio; debe ser un sólido.

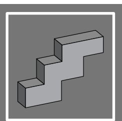
Como una ayuda, en la figura anterior se han identificado los puntos que se proyectarán para crear la vista de sección en este ejemplo.

Las tres superficies producidas por el plano en corte están delimitadas por los puntos 1-2-3-4, 5-6-7-8-9-10 y 13-14-12-11. Éstas se presentan con una trama.

Cada área seccionada está encerrada por completo dentro de contornos de líneas visibles. Además de las superficies cortadas, la vista de sección muestra todas las partes visibles detrás del corte.

No se incluyen líneas ocultas. Sin embargo, la sección correspondiente mostrada en este paso está incompleta porque se pierden líneas visibles.





Paso a paso 7.1

Visualización de una sección completa, *cont.*

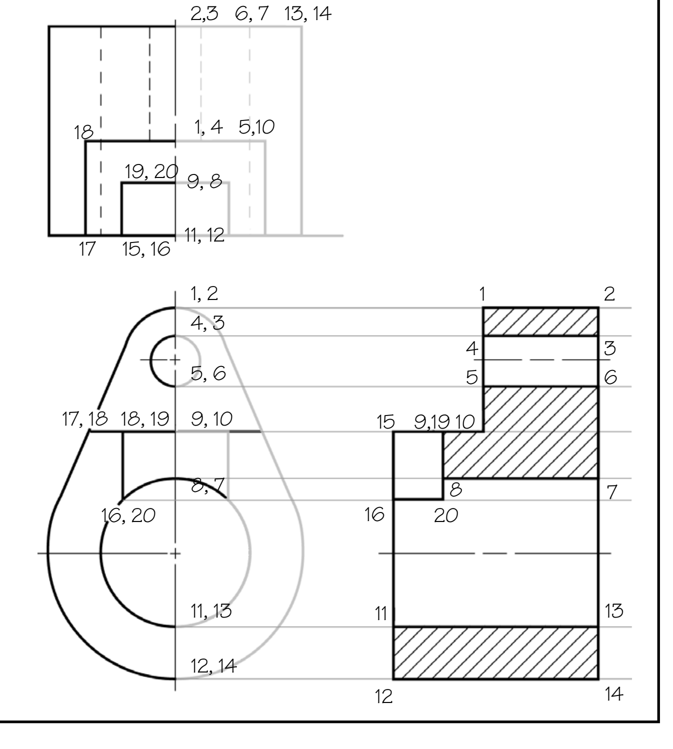
Paso 4: Proyección de líneas visibles

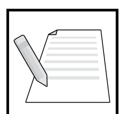
Si se observa desde la dirección en que se ve la sección, la superficie superior (V) del objeto aparece en la sección como la línea visible (12-11-16-15-17).

De manera similar, la superficie inferior del objeto aparece como 14-13-7-6-3-2. La superficie inferior del abocardado aparece en la sección como la línea 19-20.

También, la mitad posterior del abocardado y el orificio perforado aparecerán como rectángulos en la sección en 19-20-15-16 y 3-4-5-6. Estos puntos también deben proyectarse. La vista terminada se presenta a la derecha.

Note que como todas las superficies cortadas son parte del mismo objeto, todas las tramas utilizadas tienen la misma dirección.

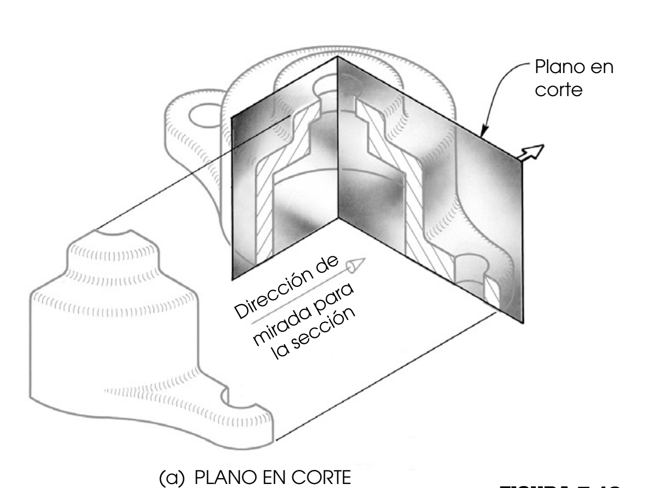




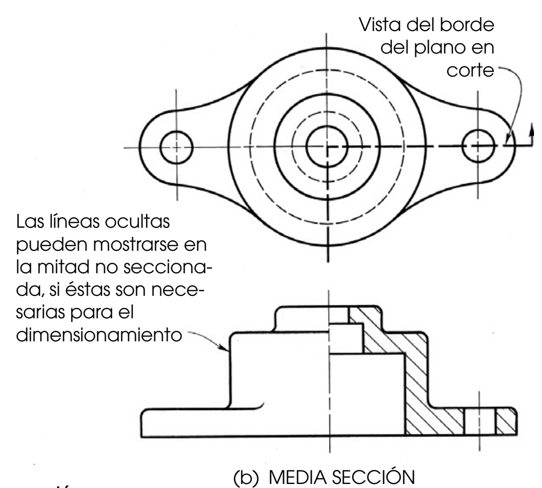
Use la hoja de trabajo 7.1 para practicar la creación de una vista de sección completa.

7.8 ■ MEDIAS SECCIONES

Los objetos simétricos se pueden seccionar mediante el uso de un corte que secciona sólo hasta la mitad del objeto, lo que resulta en una ***media sección***. En ésta se expone el interior de una mitad del objeto y se muestra el exterior de la otra mitad (figura 7.10). Las medias secciones no se usan con amplitud en los dibujos de detalle (aquellos que muestran vistas dimensionadas de partes individuales) porque puede ser difícil dimensionar por completo una parte cuando los elementos interiores sólo se muestran en



(a) PLANO EN CORTE



(b) MEDIA SECCIÓN

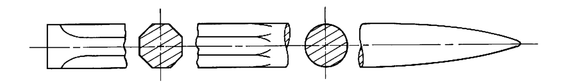
■ **FIGURA 7.10** ■ Media sección.

la mitad seccionada. Sin embargo, las medias secciones son muy útiles en los dibujos de ensambles no dimensionados (los cuales se estudiarán en el capítulo 12) puesto que éstas muestran las construcciones interna y externa en la misma vista.

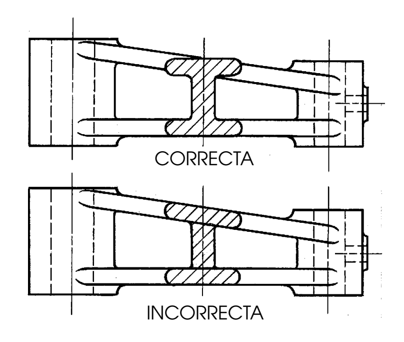
En general, las líneas ocultas se omiten de las dos mitades de una media sección. Sin embargo, pueden utilizarse en la mitad no seccionada si éstas son necesarias para el



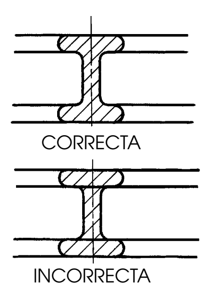
- Las líneas visibles adyacentes a una sección girada pueden romperse si así se desea, como se muestra a continuación.



- Elimine todas las líneas originales cubiertas por la sección girada. A continuación se muestran ejemplos de una práctica correcta y otra incorrecta.



- La forma verdadera de una sección girada debe mantenerse después de girar el plano cortante, sin importar la dirección de las líneas en la vista. A continuación se muestran ejemplos de una práctica correcta y otra incorrecta.



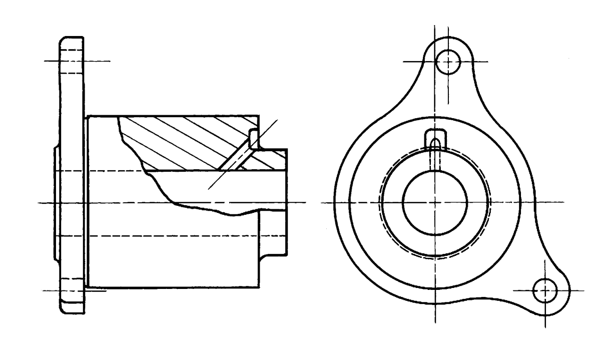
dimensionamiento. Como la figura 7.10b lo muestra, el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (*American National Standards Institute*) recomienda que la línea de división entre las mitades seccionada y no seccionada de una media sección sea una línea central. También puede usarse una representación de sección rota.

7.9 ■ SECCIONES ROTAS

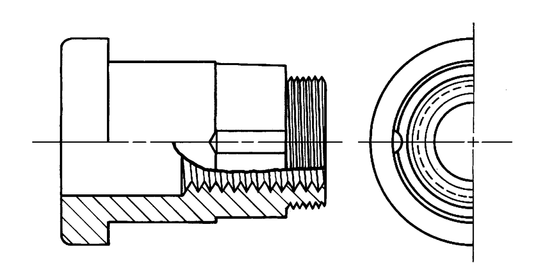
Con frecuencia, se requiere una sección parcial de una vista sólo para exponer algunas formas interiores. Tal sección, limitada por una línea de rompimiento, se llama ***sección rota***. En la figura 7.11, no es necesaria una media sección o una sección completa; una sección rota es suficiente para explicar la construcción. En la figura 7.12, una sección media hubiera implicado el retiro de la mitad del cuñero; éste se preserva al romper el objeto a su alrededor. En este caso, la sección está limitada en parte por una línea de rompimiento y en parte por una línea central.

7.10 ■ SECCIONES GIRADAS

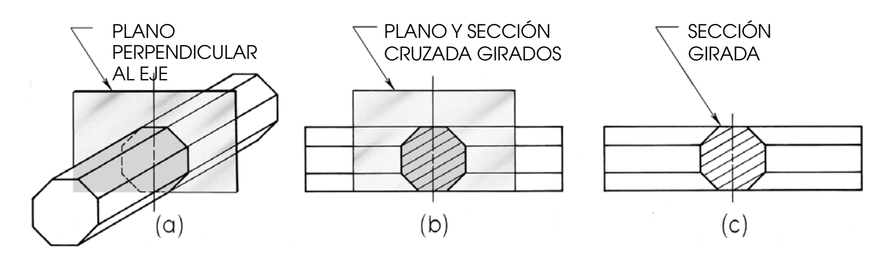
La forma de la sección cruzada de una barra, un brazo, un rayo u otro objeto alargado puede mostrarse por medio de una ***sección girada***. Las secciones giradas se basan en la adopción de un plano perpendicular a la línea central o



■ **FIGURA 7.11** ■ Sección rota.

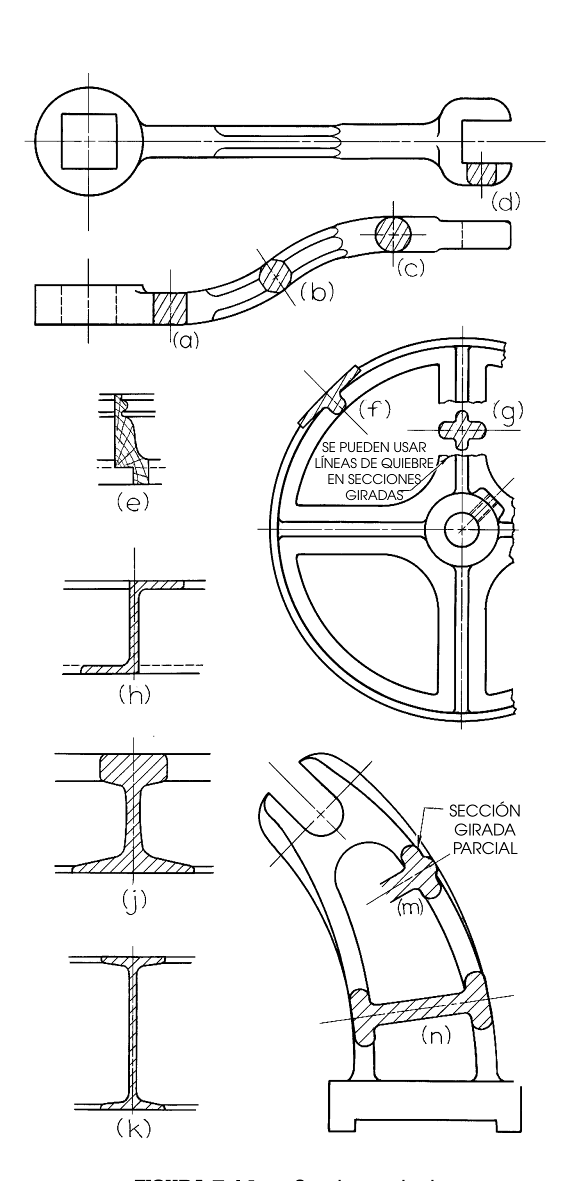


■ **FIGURA 7.12** ■ Rompimiento alrededor del cuñero.



■ **FIGURA 7.13** ■ Uso del plano cortante en secciones giradas.

eje de la barra u objeto alargado; después, el plano se gira 90 grados alrededor de una línea central en ángulos rectos al eje. La figura 7.13 muestra el proceso por medio del cual se crea una sección girada; la figura 7.14 presenta varios ejemplos de esto.



■ **FIGURA 7.14** ■ Secciones giradas.

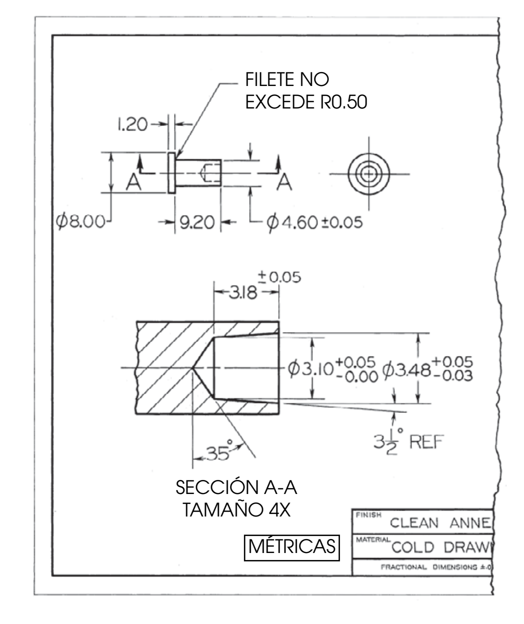
7.11 ■ SECCIONES REMOVIDAS

Una ***sección removida*** es aquella que no está en proyección directa desde la vista que contiene el plano en corte; es decir, se localiza en algún otro lugar del dibujo. Si es necesario ubicar secciones en una posición removida, su orientación debe permanecer igual que si fuera adyacente a la vista con el plano en corte. Las secciones removidas no deben rotarse (lo cual en ocasiones resulta tentador para hacer que dichas secciones se ajusten mejor a la hoja) porque esto hace que la sección sea difícil de interpretar. Una sección removida debe colocarse de forma que ya no se alinee en proyección con ninguna otra vista. Debe separarse claramente del arreglo estándar de las vistas. Siempre que sea posible, las secciones removidas deben estar en la misma hoja que las vistas regulares. La figura 7.15 muestra secciones removidas dibujadas en forma correcta.

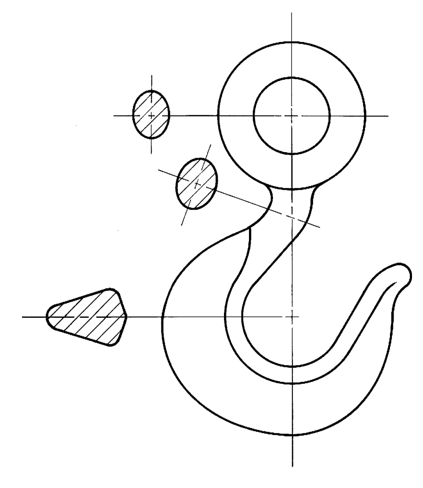
Etiquete las secciones removidas, como SECCIÓN A-A y SECCIÓN B-B, de acuerdo con las letras en los extremos de la línea del plano en corte. Ordene las secciones removidas alfabéticamente de izquierda a derecha en la hoja. Las letras de sección deben usarse en orden alfabético, pero las letras I, O y Q no deben usarse por que se confunden fácilmente con los números 1 y 0. Si es necesario colocar una sección en una hoja diferente, debe hacerse una referencia a la hoja relacionada. Debe escribirse una nota bajo el título de la sección, como SECCIÓN B-B EN LA HOJA 4, ZONA A3. Coloque una nota similar en la hoja donde se muestra la línea del plano en corte, con un indicador que apunte a la línea del plano en corte y que haga referencia a la hoja en la que se encontrará la sección.

Con frecuencia, una sección removida es una sección parcial y se dibuja a una escala más grande (figura 7.16). Las secciones removidas muestran con claridad los detalles pequeños y proporcionan espacio suficiente para el dimensionamiento. La escala agrandada debe indicarse debajo del título de la sección. Algunas veces resulta conveniente colocar las secciones removidas sobre líneas centrales extendidas desde los cortes de sección (figura 7.17).

■ **FIGURA 7.15** ■ Secciones removidas.



■ **FIGURA 7.16** ■ Sección removida.



■ **FIGURA 7.17** ■ Secciones removidas.

7.12 ■ SECCIONES DESPLAZADAS

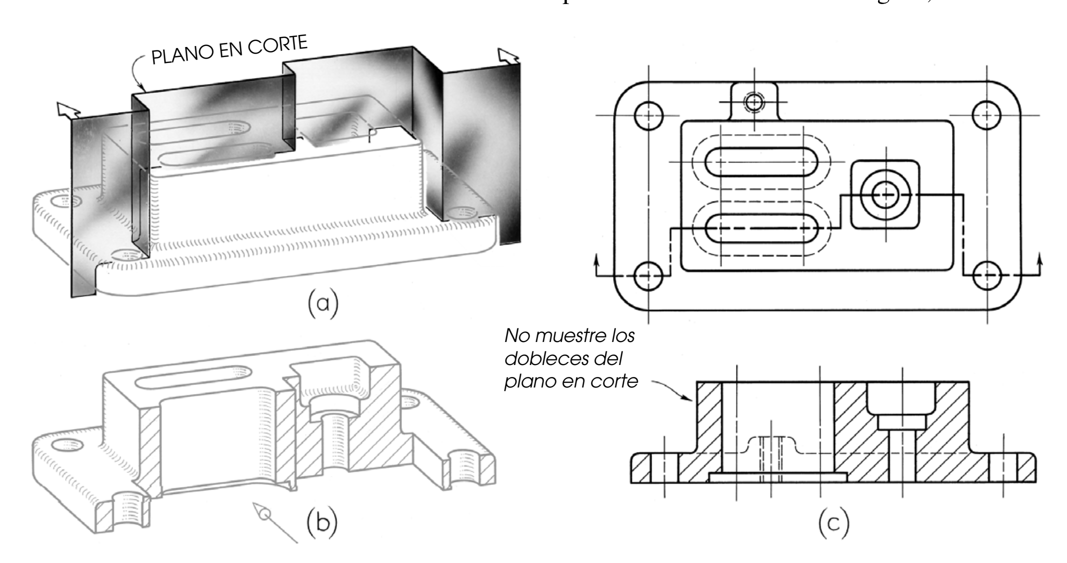
Al seccionar objetos irregulares, pueden mostrarse elementos que no caen en una línea recta al doblar o desplazar el plano en corte. Dicha sección se conoce como ***sección desplazada***. En la figura 7.18a, el plano en corte se desplaza en varios lugares para incluir el hoyo en el extremo izquierdo, una de las ranuras paralelas, el descanso rectangular y uno de los orificios del extremo derecho. Después, la parte frontal del objeto se imagina removida (figura 7.18b). La trayectoria del plano en corte se muestra mediante la línea del plano en corte en la vista superior de la figura 7.18c, y la sección desplazada resultante se presenta en la vista frontal. Los desplazamientos o dobleces en el plano en corte son todos de 90 grados y nunca se muestran en la vista de sección.

En la figura 7.18 también se ilustra cómo las líneas ocultas en una sección eliminan la necesidad de una vista adicional. Si las líneas ocultas no se mostraran, se requeriría una vista extra para mostrar la pequeña copa saliente en la parte trasera del objeto.

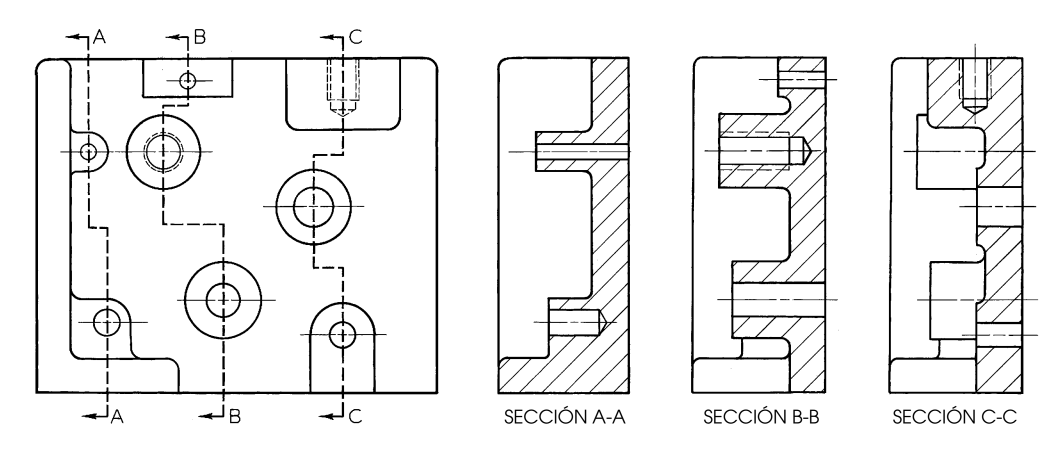
La figura 7.19 muestra un ejemplo de múltiples secciones desplazadas. Observe que las formas de respaldo visibles, sin líneas ocultas, aparecen en cada vista de sección.

7.13 ■ COSTILLAS EN SECCIONES

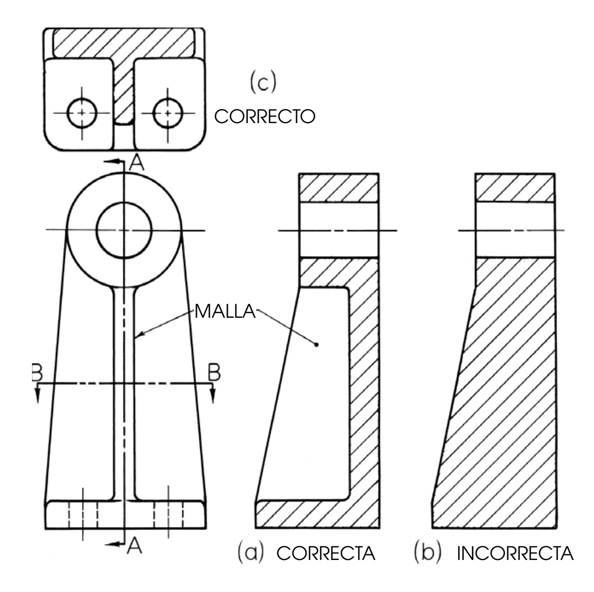
Con el fin de evitar una falsa impresión de grosor y solidez, las costillas, mallas, engranes y otros elementos planos similares no se seccionan aun cuando el plano cortante pase a lo largo del plano central del elemento. Por ejemplo, en la figura 7.20 el plano en corte A-A pasa a través de la dimensión larga de la malla o costilla vertical, pero como se muestra en la figura, la malla no se secciona.



■ **FIGURA 7.18** ■ Sección acotada. Por lo general, las líneas ocultas no se muestran en las vistas de sección. Aquí es necesario presentar la altura de la pequeña copa saliente en la parte trasera del objeto.



■ **FIGURA 7.19** ■ Tres secciones acodadas.

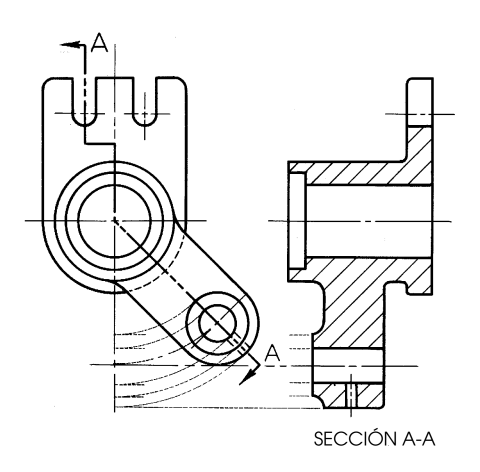


■ **FIGURA 7.20** ■ Mallas en sección.

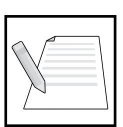
La sección incorrecta, mostrada en la figura 7.20b, da una falsa impresión de grosor o solidez.

Si el plano en corte cruza a través de una costilla o cualquier miembro delgado, como lo hace el plano B-B en la figura 7.20, el miembro debe seccionarse de la manera usual, como se muestra en la figura 7.20c.

Si una costilla no está seccionada, puede ser difícil decir que la costilla está presente (figura 7.21b). Resulta difícil distinguir entre espacios abiertos (etiquetados B) y costillas (etiquetados A). En tales casos, deben usarse tramas espaciadas en forma espaciada para las costillas, como se muestra en la figura 7.21c.



■ **FIGURA 7.22** ■ Sección alineada.

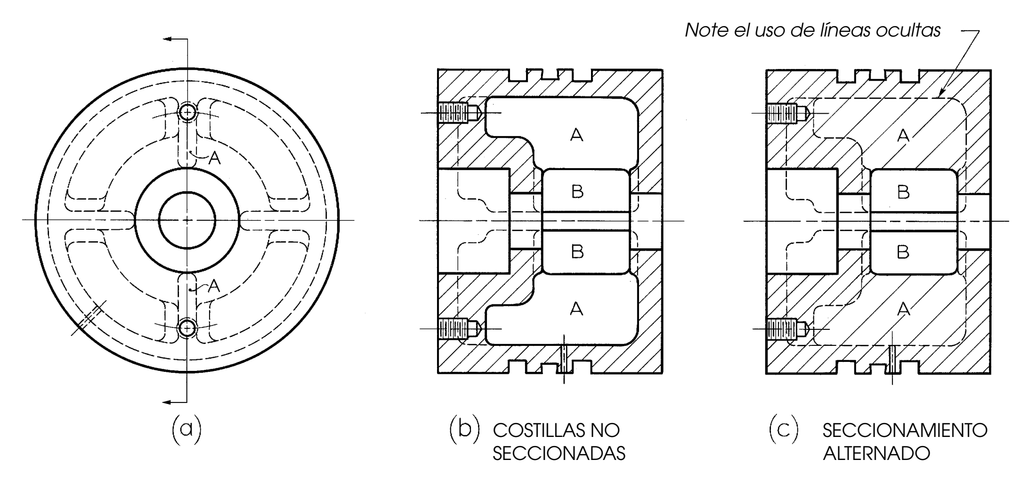


En la hoja de trabajo 7.2 se proporciona una práctica para seccionar una parte con costillas.

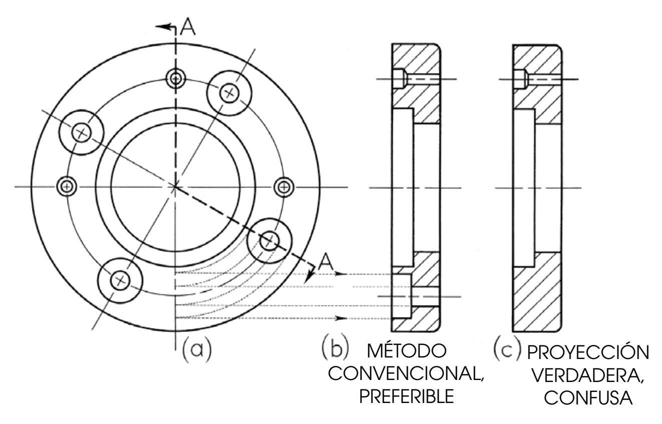
7.14 ■ SECCIONES ALINEADAS

Para incluir en una sección ciertos elementos angulados, el plano en corte debe doblarse para pasar a través de esos elementos. Después, el plano y los elementos se imaginan girados en el plano original. Por ejemplo, en la figura 7.22 el plano en corte se dobla para pasar a través del brazo angulado y después se alinea a una posición vertical donde se proyecta hacia la vista de sección.

En la figura 7.23a, el plano en corte se dobla de forma que en la vista de sección se incluye tanto un orificio perforado como uno abocardado. La vista de sección correc-



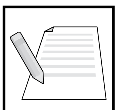
■ **FIGURA 7.21** ■ Tramas alternadas.



■ **FIGURA 7.23** ■ Sección alineada.

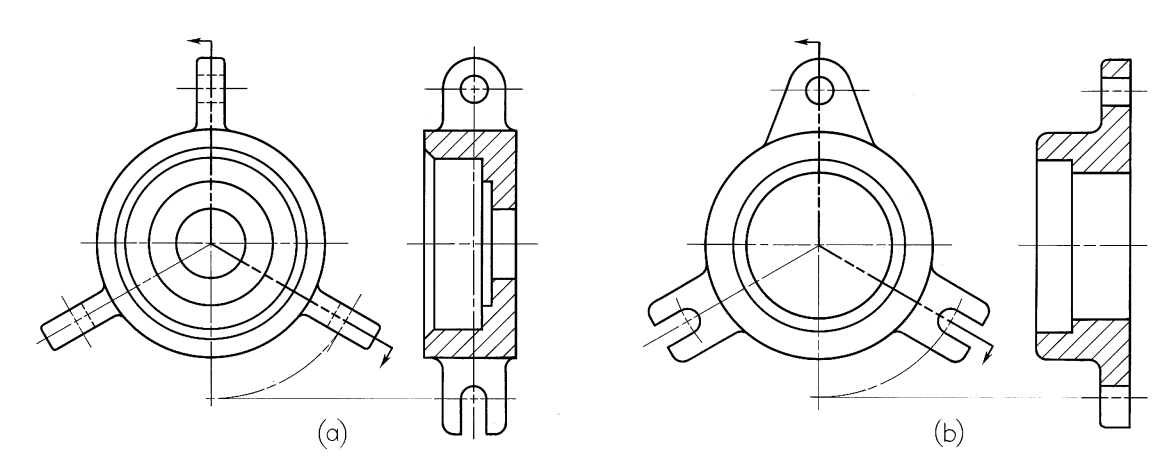
ta (figura 7.23b), es más clara que una sección completa (figura 7.23c). El ángulo de giro siempre debe ser menor a 90 grados.

En la figura 7.24a, los asideros salientes no son seccionados por la misma razón que las costillas. En la figura 7.24b los asideros salientes se localizan de forma que el corte los cruza a lo ancho y, por lo tanto, se seccionan.

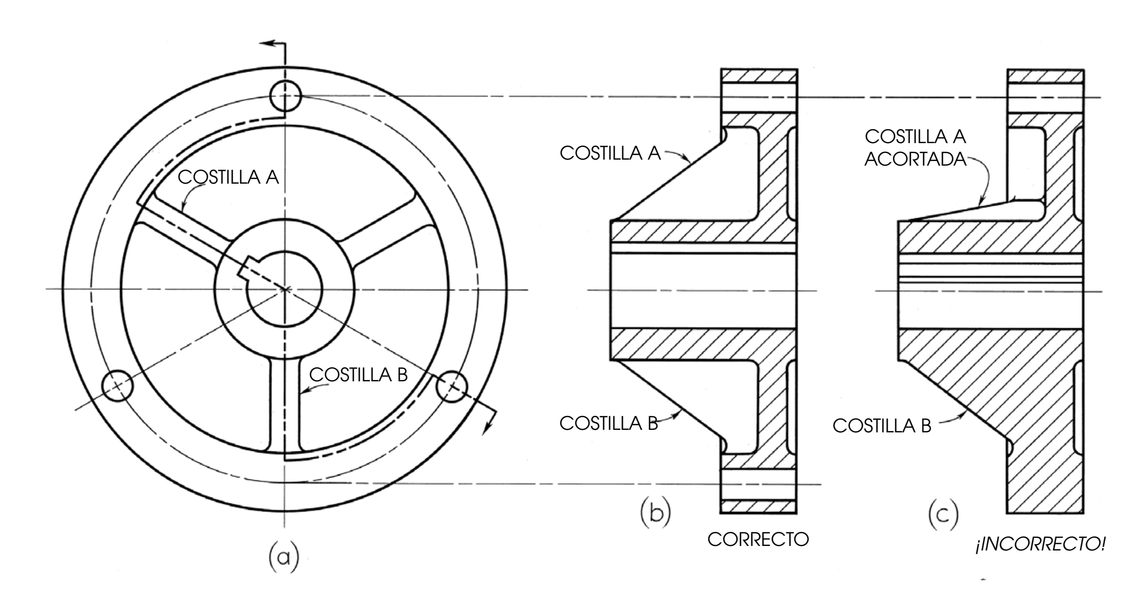


Utilice la hoja de trabajo 7.3 para practicar la creación de una sección alineada.

La figura 7.25 muestra otro ejemplo que involucra el seccionamiento de costillas y el seccionamiento alineado.



■ **FIGURA 7.24** ■ Secciones alineadas.



■ **FIGURA 7.25** ■ Simetría de costillas.

Nota sobre Gráficos
Modelado de superficies irregulares

Empuñadura para esquí diseñado con CAD
Los diseñadores de Life-Link International en Jackson Hole, Wyoming usaron el modelado de superficies en CAD para diseñar una empuñadura ajustable para un bastón de esquí. La empuñadura tenía que ser ergonómica; o sea, debía ajustarse de manera confortable a la mano humana. También debía tener los ajustes correctos con otras partes del ensamble para un bastón de esquí de longitud ajustable utilizado por esquiadores avanzados cuando cambian las condiciones del terreno y la nieve. Dentro de la empuñadura se ajustan una leva y un collar para permitir al usuario girar la empuñadura y extender cinco centímetros la longitud del poste.

Sin dibujos creados a mano
De acuerdo con Rick Liu, gerente de desarrollo de productos en Life Link Internacional, la compleja forma de la empuñadura para esquí (figura A), convirtió a este artículo en un buen candidato para su diseño mediante el uso de superficies en CAD. Si se hubiera deseado diseñar y elaborar la parte con dibujos manuales tradicionales, habrían sido necesarias muchas secciones cruzadas de la forma. Después, cada sección cruzada hubiera tenido que interpretarse con cuidado para crear el molde. En lugar de esto, se usó modelado de superficies con CAD y maquinado mediante el control numérico (CN) para eliminar el paso de interpretar los dibujos manuales.

Refinamiento del modelado de superficies
Liu comenzó con el dibujo de secciones cruzadas de la empuñadura mediante AutoCAD; éstas se usaron para crear un modelo burdo de la superficie en el mismo software. Una compañía en California refinó el modelo para Life-Link. En los últimos minutos de la transferencia del modelo refinado a Life-Link vía módem, un terremoto aplastó la computadora donde estaba almacenado el archivo. Por fortuna, la transferencia del modelo ya había terminado.

El modelo refinado que se muestra en la figura B se envió a Jungst Scientific en Bozeman, Montana para su maquinado directo. Se creó un prototipo al exportar el modelo de superficie a una computadora que ejecutaba el sistema de software Gibbs. Mediante el uso de este software, Jungst generó la trayectoria de las herramientas para la máquina fresadora de CN con la que se fabricaría el prototipo. Las máquinas de CN deben recibir instrucciones que puedan interpretar, por lo general llamadas claves g. Estas instrucciones se interpretan en un código específico para la máquina. El primer prototipo se aceptó tal y como se diseñó, sin ninguna modificación.

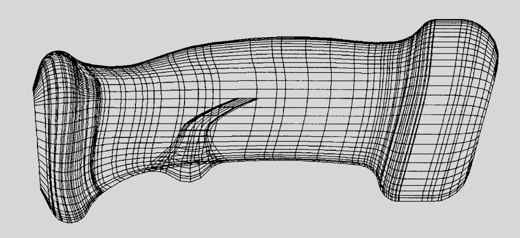
Maquinado directo
Se requirió un molde de inyección para fabricar la empuñadura para esquí terminada. Para crear un molde, Jungst maquinó modelos de carbón de la empuñadura directamente a partir del modelo. Los modelos de carbón se usaron como electrodos para el maquinado con descargas eléctricas (MDE), o bien como el electroerosionado para formar las cavidades de la forma de la empuñadura en la base del molde de aluminio. El uso de MDE requiere algunos modelos de carbón para cada cavidad. El MDE puede utilizarse para maquinar materiales muy duros y producir formas intrincadas de manera precisa.

Después, Jungst diseñó los eyectores y el enfriamiento para el molde. Los ajustes dentro de la empuñadura para la leva con la que se ajusta la altura fueron críticos. Como los plásticos se encogen al enfriarse, se diseño un enfriamiento especial para realizar este proceso en las cavidades interiores de la empuñadura, donde la leva se ajusta antes de que la parte exterior de la empuñadura se enfríe. Esto evita que el orificio donde se ajusta la leva se encoja de una manera inexacta.

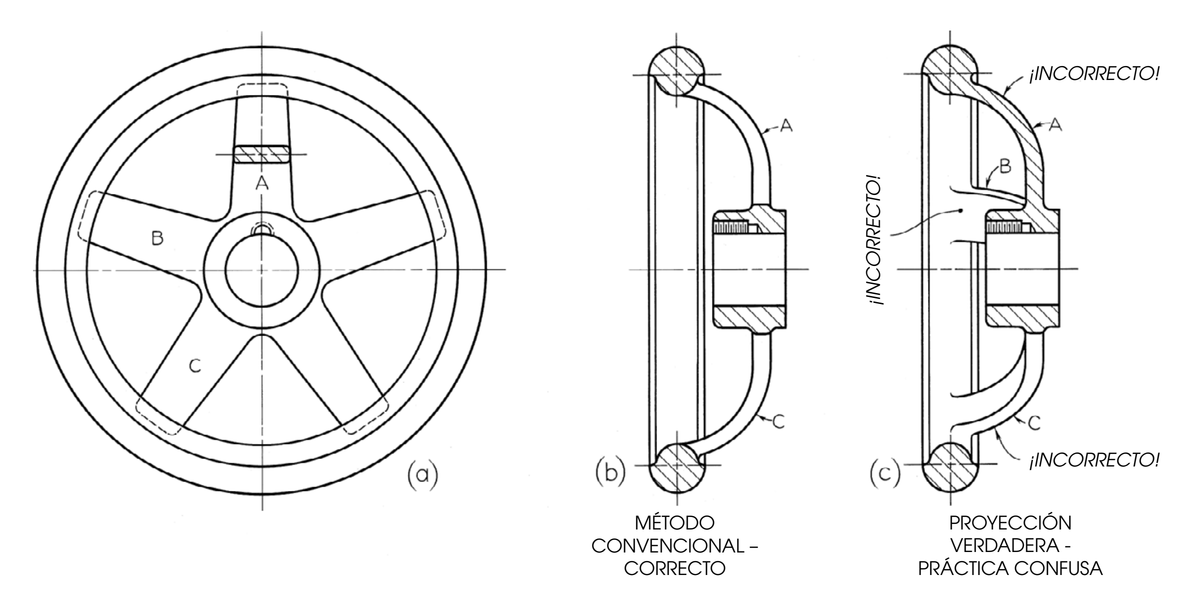


(A)

Producción en masa
Con el molde completo, las empuñaduras para esquí se pudieron fabricar por medio de un molde de inyección a presión que posee una compañía en Colorado. Por último, se ensamblan en Bozeman, Montana y se venden internacionalmente a los esquiadores.



(B)



■ **FIGURA 7.26** ■ Rayos en sección.

En la vista circular, el plano en corte se divide en arcos circulares doblados para incluir el orificio superior y la costilla superior, el cuñero y el agujero central, la costilla inferior y uno de los orificios inferiores. Estos elementos se imaginan girados hasta que se alinean verticalmente y después se proyectan desde esa posición para obtener la sección mostrada en la figura 7.25b. Observe que las costillas no se seccionan. Si se dibujara una sección regular completa del objeto mediante el uso de las convenciones discutidos aquí, la sección resultante, mostrada en la figura 7.25c, sería incompleta y confusa y tomaría más tiempo para dibujarse.

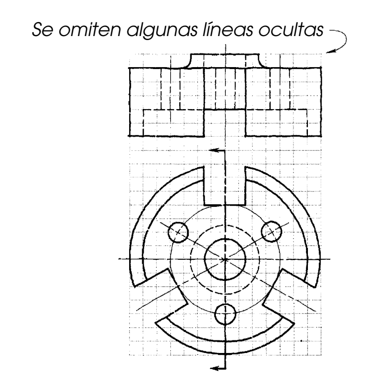
En el seccionamiento de una polea o cualquier rueda con rayos (figura 7.26a), es práctica común girar los rayos si esto es necesario (como cuando existe un número impar), sin seccionar los rayos, como se muestra en la figura 7.26b. Si el rayo se secciona, la sección da una impresión falsa de una capa de metal continua (figura 7.26c). Si el rayo inferior no se gira, éste aparecerá acortado en la vista de sección, en la que se presenta una apariencia amputada y confusa.

La figura 7.26 también ilustra la práctica correcta al omitir líneas visibles en una vista de sección. Observe que en la figura 7.26b el rayo B se omite. Si se incluyera como en la figura 7.26c, el rayo se acortaría, lo que hace que el dibujo sea difícil y tardado, y el diseño resultaría confuso para el lector.

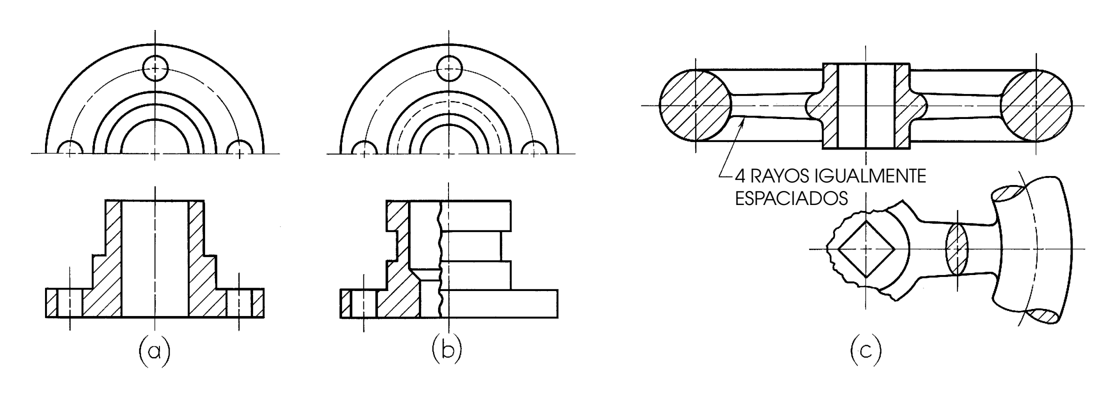
Recuerde que los elementos no deben girarse a menos que esto mejore la claridad. En algunos casos, el giro de los elementos produce una pérdida de claridad. La figura 7.27 muestra un ejemplo en el que no debe usarse ningún tipo de giro.

7.15 ■ VISTAS PARCIALES

Si existen limitaciones de espacio en el papel o se desea ahorrar tiempo de dibujo, pueden usarse ***vistas parciales*** en relación con el seccionamiento. En la vista superior de la figura 7.28a y 7.28b sólo se muestran vistas medias. En cada caso, la mitad trasera del objeto en la vista circular se muestra para exponer la parte posterior del objeto en la vista de sección. Cuando se dibuja una vista parcial donde la vista adyacente no se seccionará, la parte frontal del objeto se muestra para proporcionar la razón de las líneas ocultas en la vista adyacente.



■ **FIGURA 7.27** ■ Parte simétrica en la que los elementos no deben mostrarse girados al elaborar una sección.



■ **FIGURA 7.28** ■ Vistas parciales

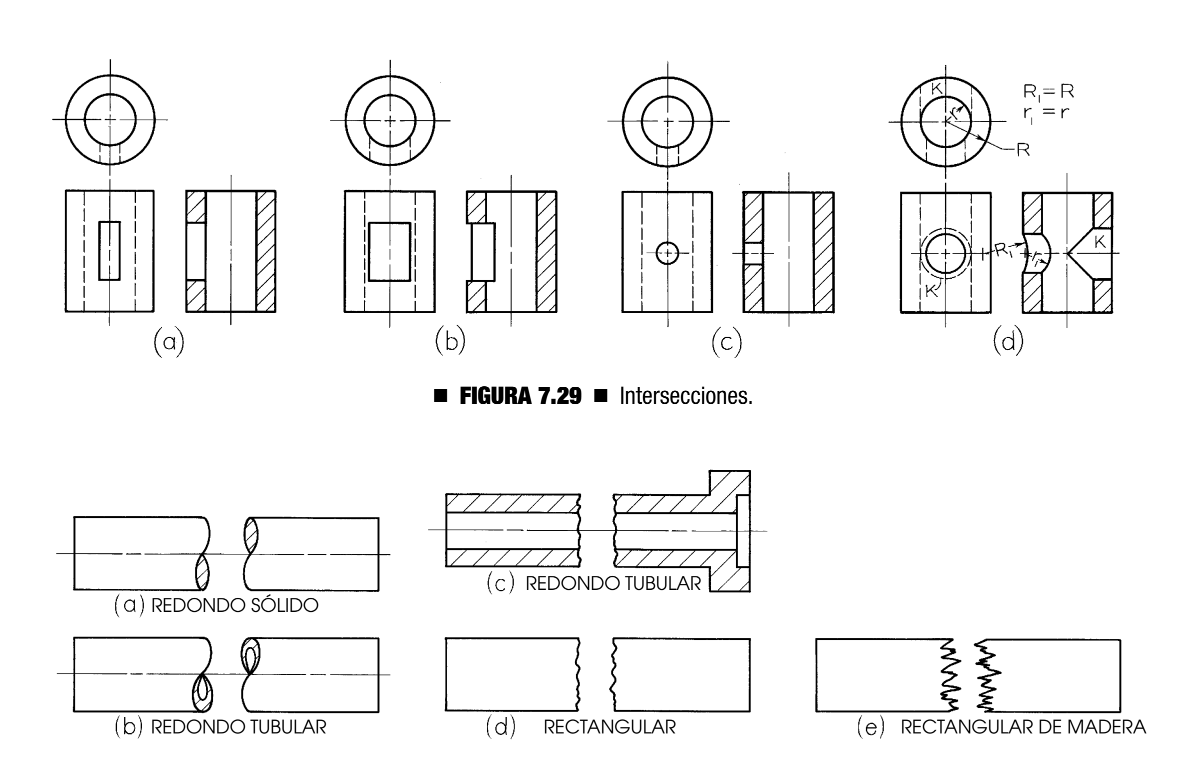
Otro método para dibujar una vista parcial es romper una parte importante de la vista circular, conservando sólo aquellos elementos que se necesitan para una representación mínima, como se muestra en la figura 7.28c.

7.16 ■ INTERSECCIONES EN SECCIONAMIENTO

Cuando una intersección es pequeña o poco importante en una sección, existe la práctica estándar de no considerar la proyección verdadera de la figura de intersección (figuras 7.29a y 7.29c). Las figuras más grandes de intersección pueden proyectarse (figura 7.29b), o pueden aproximarse mediante arcos circulares, como se muestra para el agujero más pequeño (figura 7.29d). Observe que el orificio más grande K tiene el mismo diámetro que el agujero vertical. En tales casos, las curvas o elipses de intersección aparecen como líneas rectas, como lo muestra la figura.

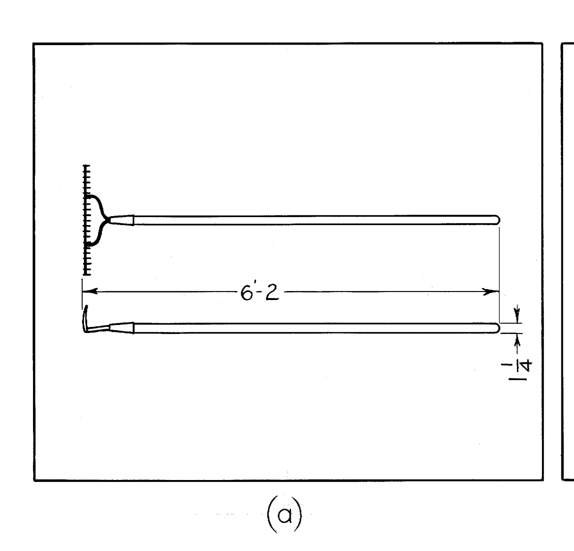
7.17 ■ ROMPIMIENTOS CONVENCIONALES

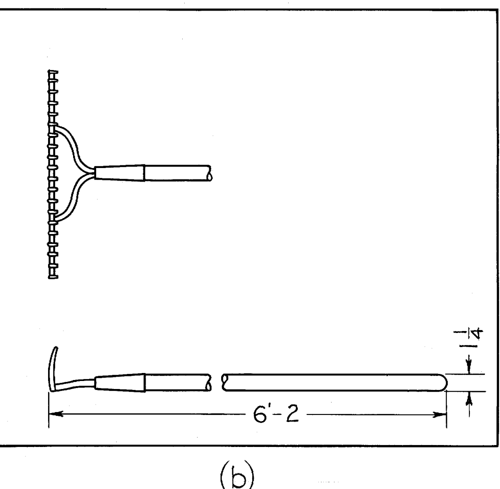
Se recomiendan ***rompimientos convencionales*** mediante un bosquejo para acortar una vista de un objeto alargado, ya sea en una sección o no (figura 7.30). Por ejemplo, las dos vistas de un rastrillo de jardín de la figura 7.31a se di-



■ **FIGURA 7.29** ■ Intersecciones.

■ **FIGURA 7.30** ■ Rompimientos convencionales.





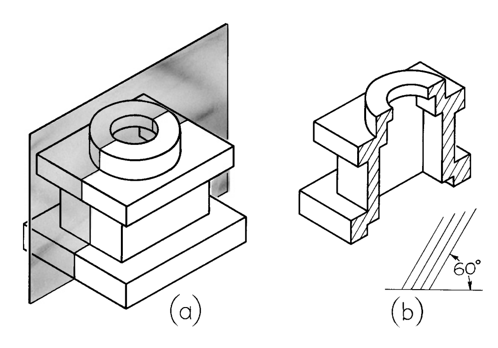
■ **FIGURA 7.31** ■ Uso de cortes o rompimientos convencionales.

bujan a una escala pequeña para ajustarlos al papel. En la figura 7.31b, el mango se "rompe", se retira una parte central larga y el rastrillo se dibuja a una escala más grande. Las partes a romper deben tener siempre la misma sección o, si son afiladas, deben tener un ahusamiento uniforme. Note en la figura 7.31b que se da la dimensión de la longitud completa, como si se mostrara todo el rastrillo.

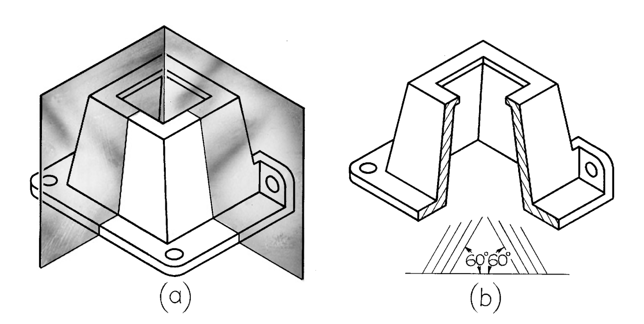
Los cortes o rompimientos usados en ejes cilíndricos o tubos se conocen por lo general como cortes en forma de "S" y usualmente se bosquejan a mano alzada. También pueden obtenerse excelentes cortes en "S" con el uso de una plantilla especial. Los cortes para metal rectangular y secciones de madera siempre se dibujan a mano alzada (figura 7.30).

7.18 ■ SECCIONAMIENTO ISOMÉTRICO

Pueden crearse vistas de sección mostrando al objeto cortado en una vista isométrica u oblicua y poniendo una trama a las superficies cortadas. La figura 7.32 muestra una ***sección completa isométrica***. Por lo general, es mejor di-



■ **FIGURA 7.32** ■ Sección completa isométrica.



■ **FIGURA 7.33** ■ Sección media isométrica.

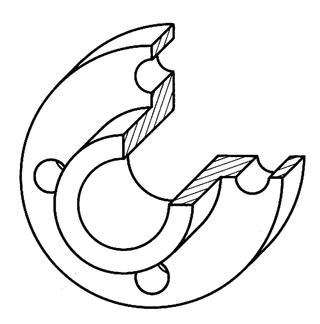
bujar primero la superficie cortada y después la parte del objeto que está detrás del plano en corte.

La figura 7.33 muestra una ***sección media isométrica***. Para dibujar secciones medias isométricas, por lo general es más fácil dibujar primero el objeto completo y después cortar las superficies. Como en una sección media sólo se remueve un cuarto del objeto, el dibujo ilustrativo resultante es más útil que una sección completa para mostrar tanto las formas exteriores como las interiores. En algunas ocasiones, también se utilizan secciones rotas isométricas.

Las tramas de un dibujo en isométrico son similares a las de un bosquejo con vistas múltiples. Se recomienda construir las tramas a 60 grados de la horizontal, pero la dirección debe cambiarse si ésta es paralela a líneas visibles importantes.

7.19 ■ SECCIONES OBLICUAS

También es posible mostrar secciones en una vista oblicua, en especial para mostrar formas interiores. La figura



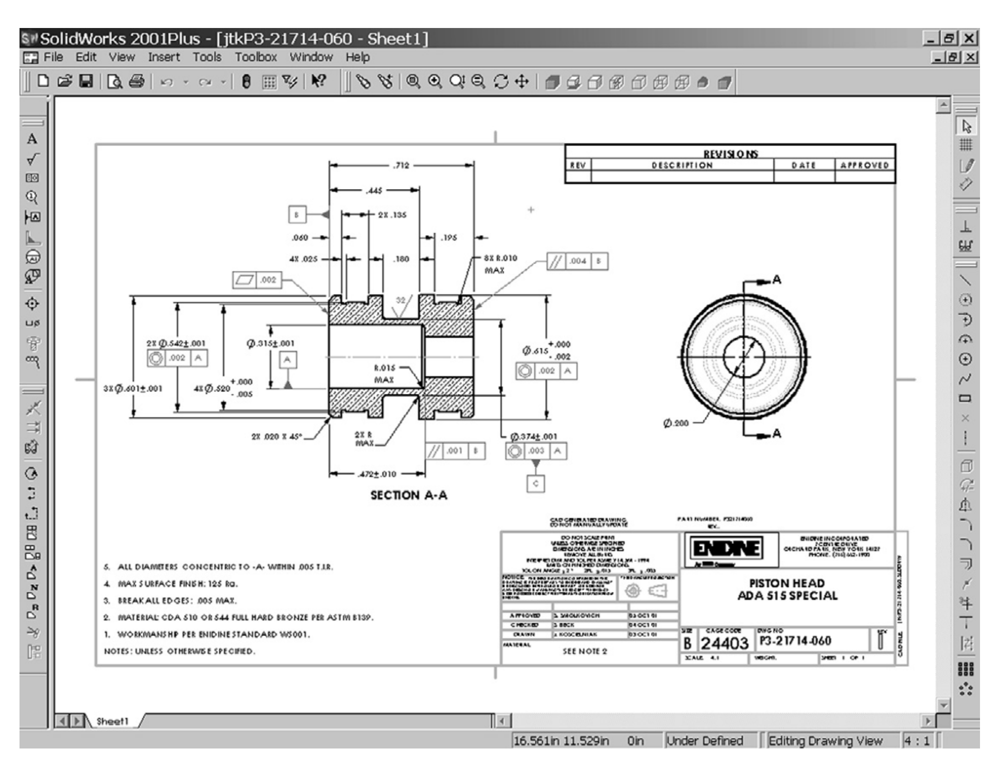
■ **FIGURA 7.34** ■ Sección media oblicua.

7.34 muestra una ***sección media oblicua***. Las ***secciones completas oblicuas*** casi nunca se usan porque no muestran lo suficiente de las formas exteriores. En general, las secciones oblicuas son similares a las secciones isométricas.

7.20 ■ GRÁFICOS EN COMPUTADORA

Es posible crear vistas de sección bidimensionales y tridimensionales mediante el uso de CAD. La mayoría de los sistemas CAD tienen un comando para crear tramas con el que se producen patrones de trama que llenan un área de manera automática. Existe una amplia variedad de patrones para mostrar materiales cono acero, bronce, arena y concreto.

Por lo general, la creación de una vista de sección completa a partir de un modelo tridimensional es muy fácil; sólo es necesario definir el plano en corte. Con frecuencia, la trama para las superficies cortadas se genera en forma automática. Las vistas seccionadas diferentes a las secciones completas pueden ser más difíciles de crear. Para elaborar buenos dibujos de sección mediante CAD (figura 7.35), debe tenerse una comprensión clara de los estándares necesarios para mostrar vistas de sección.



■ **FIGURA 7.35** ■ Dibujo de detalle con dimensiones, producido por SolidWorks. *Dibujo de Enidine. Cortesía de SolidWorks Corporation.*

PALABRAS CLAVE

LÍNEA DEL PLANO EN CORTE
PLANO EN CORTE
ROMPIMIENTOS CONVENCIONALES
SECCIÓN DESPLAZADA
SECCIÓN COMPLETA ISOMÉTRICA
SECCIÓN COMPLETA OBLICUA
SECCIÓN COMPLETA
SECCIÓN GIRADA
SECCIÓN MEDIA ISOMÉTRICA
SECCIÓN MEDIA OBLICUA
SECCIÓN MEDIA
SECCIÓN REMOVIDA
SECCIÓN ROTA
SECCIONES ALINEADAS
TRAMA CRUZADA
VISTA DE SECCIÓN
VISTAS PARCIALES

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- El seccionamiento es una técnica donde el objeto se corta en forma hipotética para exponer detalles interiores que podrían mostrarse de otra manera mediante el uso de líneas ocultas.
- Las secciones muestran detalles internos sin la necesidad de líneas ocultas.
- Los objetos se imaginan cortados a lo largo de una línea del plano en corte.
- La parte sólida del objeto cortada por el plano en corte se muestra con una trama (frecuentemente compuesta por líneas delgadas dibujadas a 45 grados) en la vista de sección.
- En una vista de sección, muchas líneas ocultas se reemplazan con líneas del objeto porque las superficies internas están expuestas.
- Los símbolos de sección alineada se pueden usar para indicar el material general del objeto.
- Las costillas, mallas y rayos no se muestran con trama cuando el plano cortante pasa a lo largo de dichos elementos.
- Los elementos simétricos, como rayos y mallas, se giran de forma que la vista de sección muestre las relaciones verdaderas.
- Los cortes convencionales se usan para representar diferentes objetos en una forma acortada.

PREGUNTAS DE REPASO

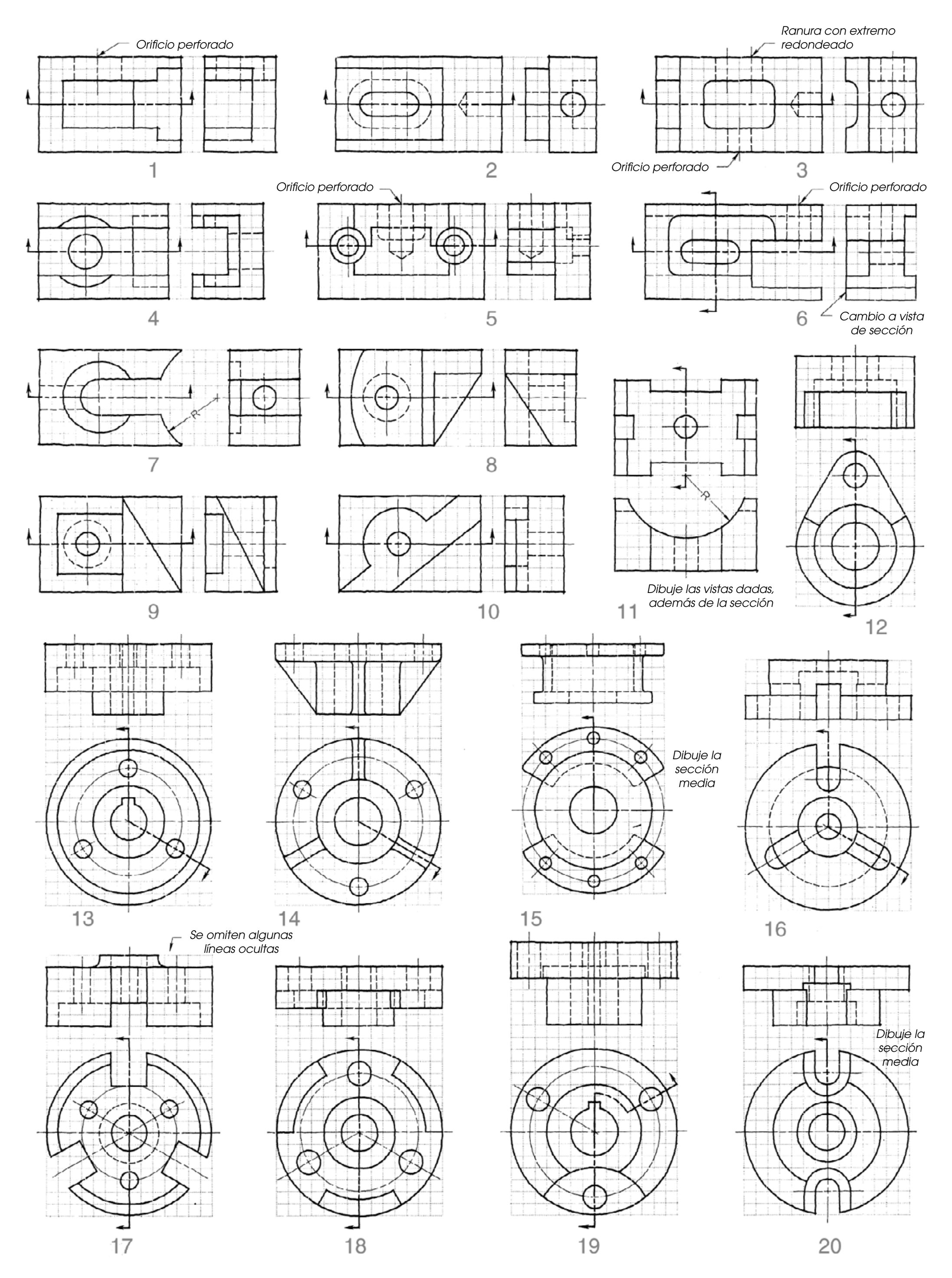
1. ¿Qué representa la línea del plano en corte?
2. Bosqueje los patrones de línea de sección correspondientes a diez materiales.
3. Liste siete tipos diferentes de sección y dé un ejemplo de cuándo se dibuja cada uno de ellos.
4. ¿Cuáles vistas de sección se utilizan para remplazar una vista primaria existente? ¿Cuáles vistas de sección se usan además de las vistas primarias?
5. ¿Qué proporción de un objeto se imagina cortado en una sección media?
6. ¿Qué tipo de línea se utiliza para mostrar la frontera de una sección rota?
7. ¿Por qué razón, en una vista de sección, generalmente se omiten las líneas ocultas?
8. ¿Por qué algunos elementos simétricos, como rayos y mallas, se giran en la vista de sección?
9. ¿Por qué una costilla se delimita con líneas de objeto pero no incluye una trama?

PROYECTOS DE SECCIONAMIENTO

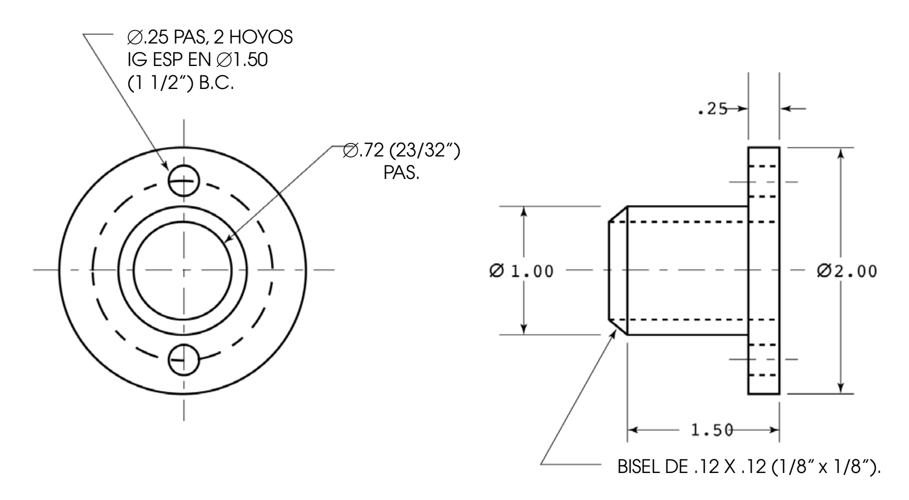
Cualquiera de los siguientes proyectos, mostrados en las figuras 7.36-7.70 puede dibujarse a mano alzada o mediante el uso de CAD. Sin embargo, los proyectos en la figura 7.36 son especialmente útiles para bosquejar en papel milimétrico de 8-1/2 × 11 pulg con la cuadrícula apropiada. Se pueden dibujar dos problemas por hoja, mediante el uso del esquema A-1, con los límites dibujados a mano alzada. Los proyectos deben bosquejarse sobre papel de dibujo. Si se requieren dimensiones métricas o decimales, primero debe estudiarse el capítulo de dimensionamiento.

PROYECTO DE DISEÑO

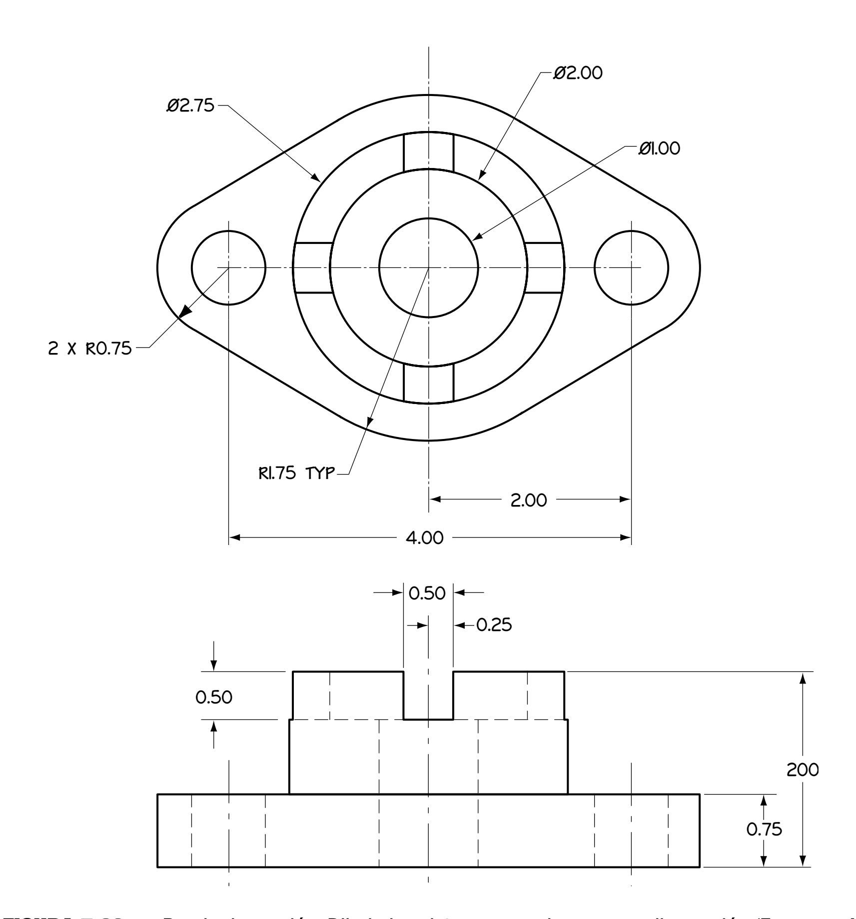
Diseñe un dispositivo de entrada. Puede ser un ratón para propósitos múltiples mejorado ergonómicamente o un controlador altamente especializado para ser usado con su juego o aplicación. Tenga en mente características como durabilidad, comodidad y precisión. Utilice vistas de sección para mostrar el interior con claridad.



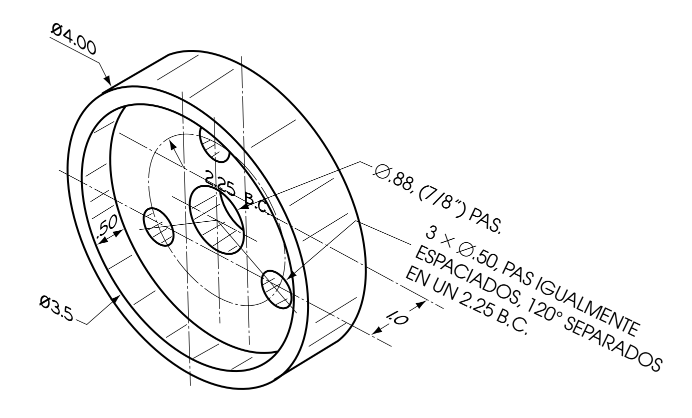
■ **FIGURA 7.36** ■ Problemas de seccionamiento a mano alzada. Use los esquemas A-1 o A4-1 ajustada (a mano alzada) sobre papel gráfico u hojas blancas para bosquejar vistas con secciones como se indica en la figura (dos problemas por hoja, cada cuadro en la cuadrícula tiene 6 mm (1/4"). En los proyectos del 1 al 10 se dan las vistas superior y lateral derecha. Bosqueje las vistas de sección frontales y después mueva las vistas derechas para alinearlas en forma horizontal con las vistas de sección frontales. Omita los planos cortantes, excepto en los proyectos 5 y 6.



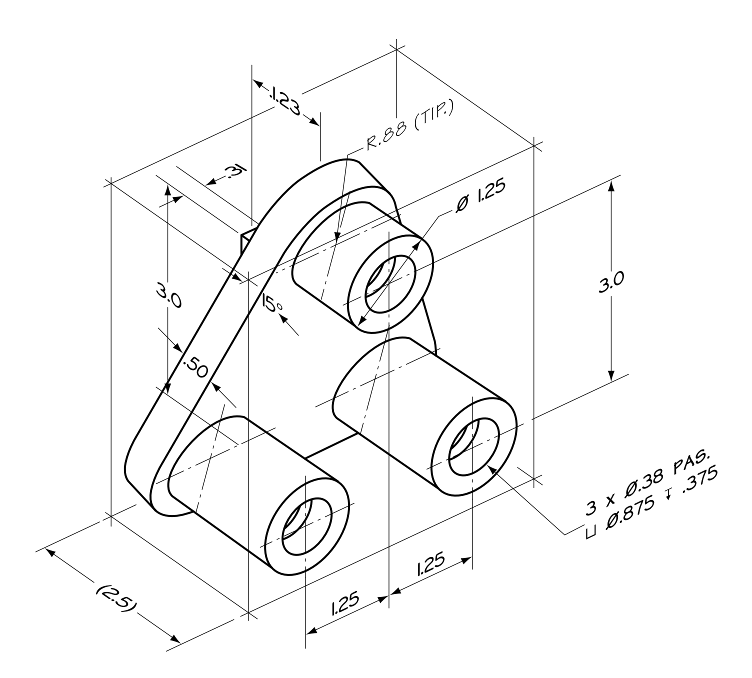
■ **FIGURA 7.37** ■ Chumacera. Dibuje las vistas necesarias, con sección completa. (Esquema A-3).



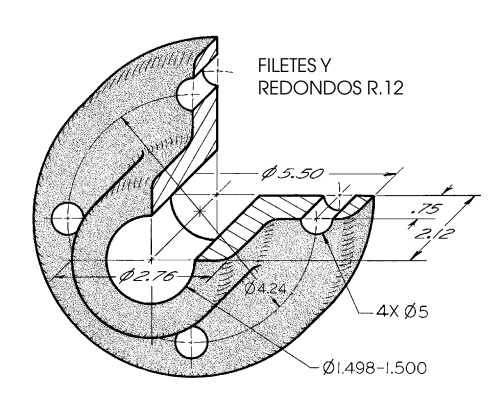
■ **FIGURA 7.38** ■ Rueda de camión. Dibuje las vistas necesarias, con media sección (Esquema A-3).



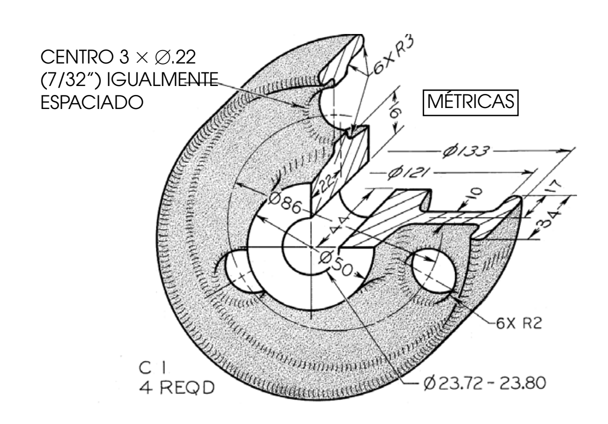
■ **FIGURA 7.39** ■ Soporte de columna. Dibuje las vistas necesarias, con la sección completa (Esquema A-3).



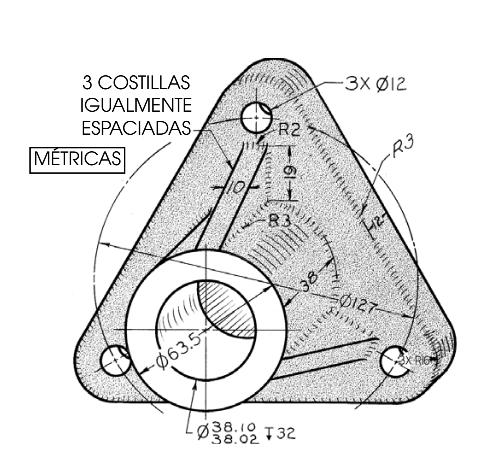
■ **FIGURA 7.40** ■ Casquillo centrador. Dibuje las vistas necesarias, con la sección completa (Esquema A-3).



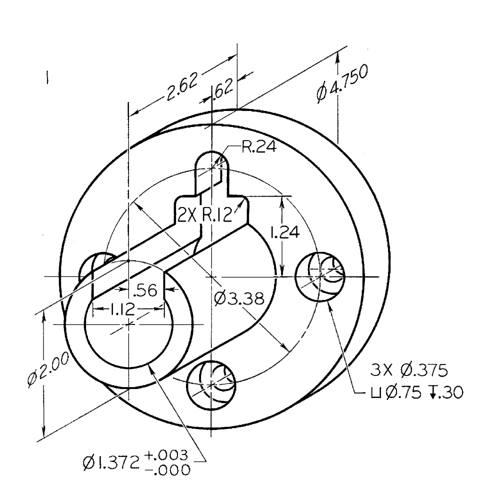
■ **FIGURA 7.41** ■ Cojinete especial. Dibuje las vistas necesarias, con la sección completa (Esquema A-3).



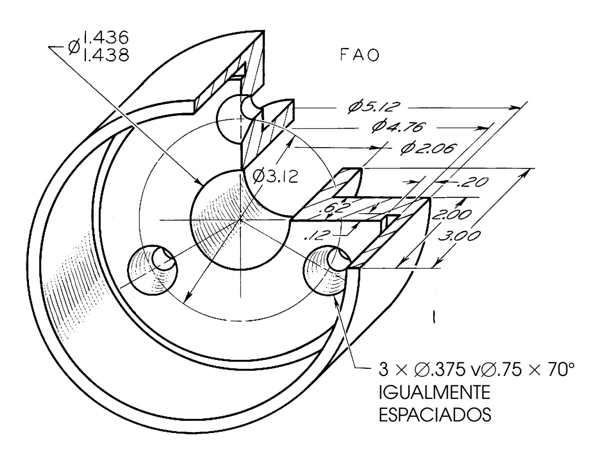
■ **FIGURA 7.42** ■ Rueda de camión. Dibuje las vistas necesarias, con la sección completa (Esquema A-3).



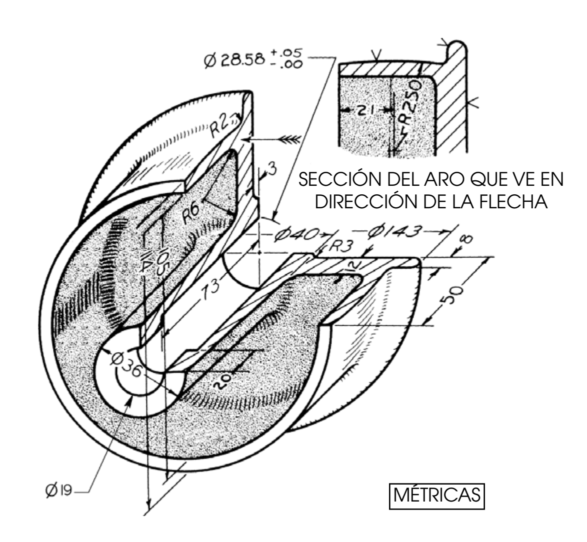
■ **FIGURA 7.43** ■ Soporte de columna. Dibuje las vistas necesarias con la sección completa (Esquema A-3).



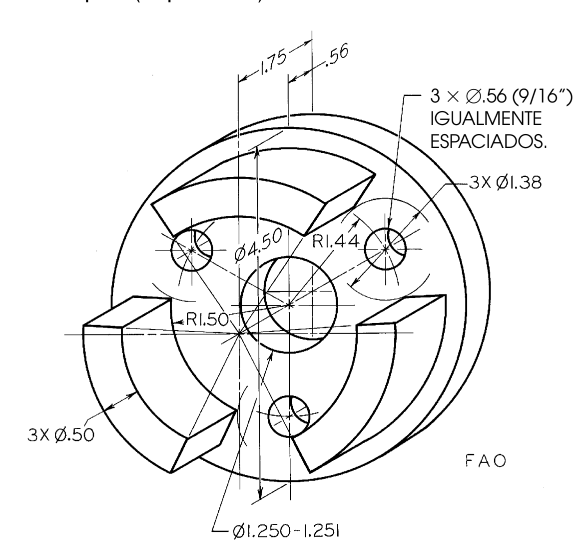
■ **FIGURA 7.44** ■ Casquillo centrador. Dibuje las vistas necesarias con la sección completa (Esquema A-3).



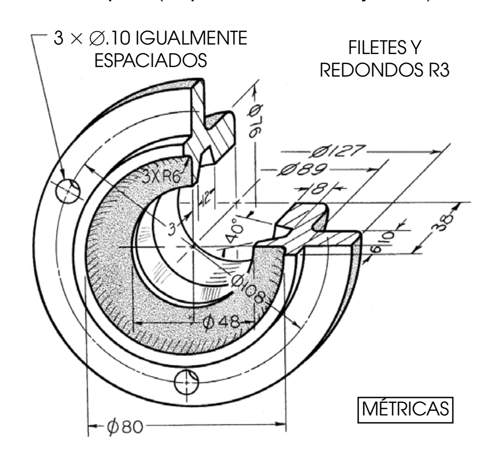
■ **FIGURA 7.45** ■ Cojinete especial. Dibuje las vistas necesarias con la sección completa (Esquema A-3).



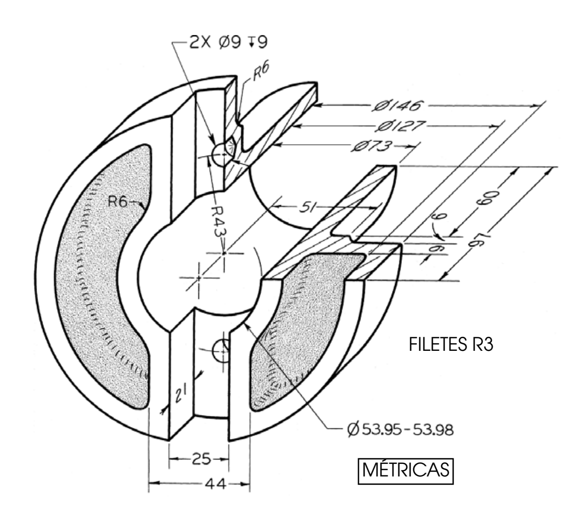
■ **FIGURA 7.46** ■ Polea tensora. Dibuje las vistas necesarias con la sección completa (Esquema A-3).



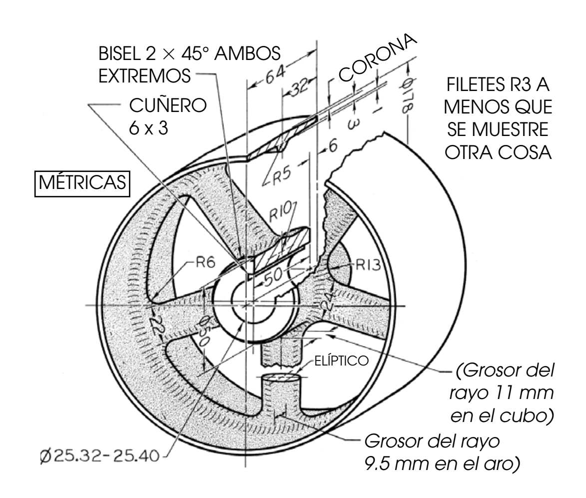
■ **FIGURA 7.47** ■ Lavador de copa. Dibuje las vistas necesarias con la sección completa (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).



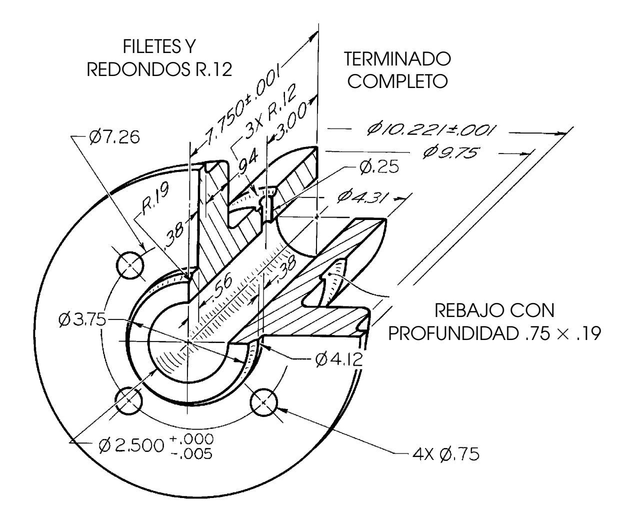
■ **FIGURA 7.48** ■ Copa de chumacera fija. Dibuje las vistas necesarias con la sección completa (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).



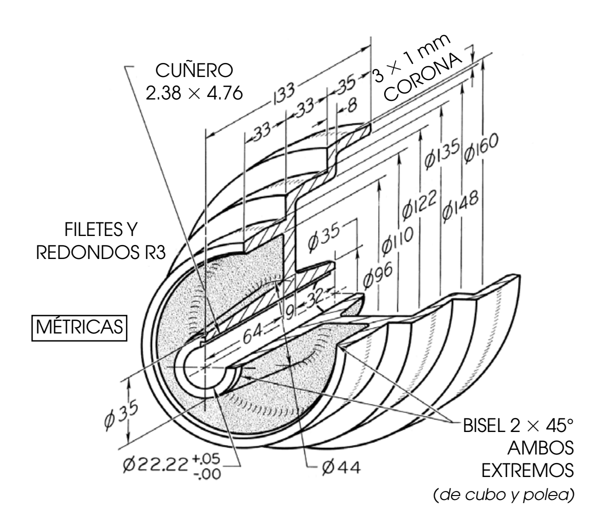
■ **FIGURA 7.49** ■ Guía de tarraja. Dibuje las vistas necesarias con sección media (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



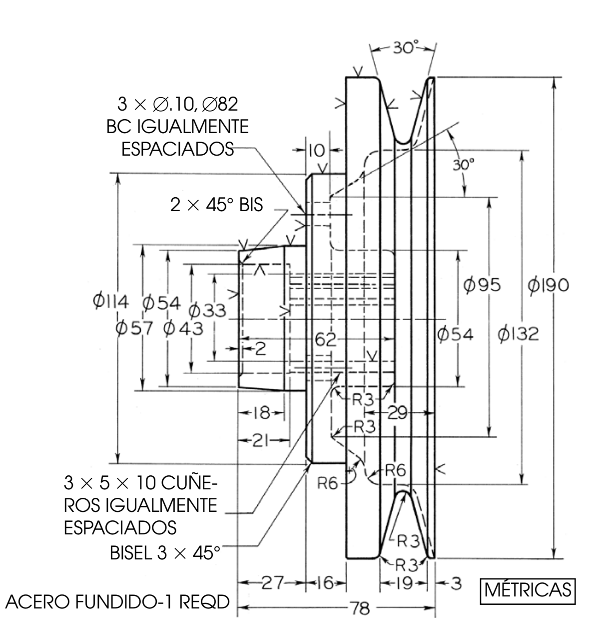
■ **FIGURA 7.51** ■ Polea. Dibuje las vistas necesarias con sección completa y una sección girada del rayo (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



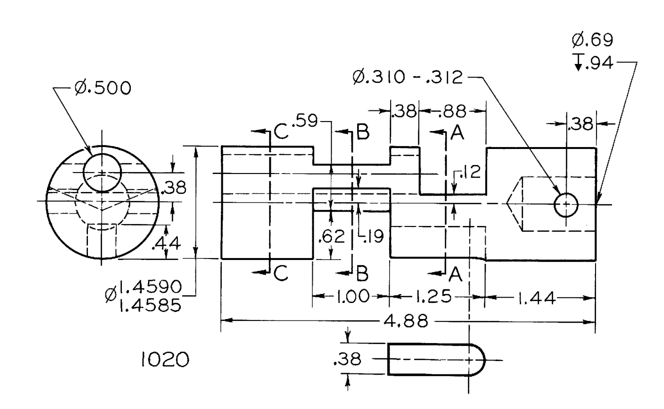
■ **FIGURA 7.50** ■ Cojinete. Dibuje las vistas necesarias con sección media (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



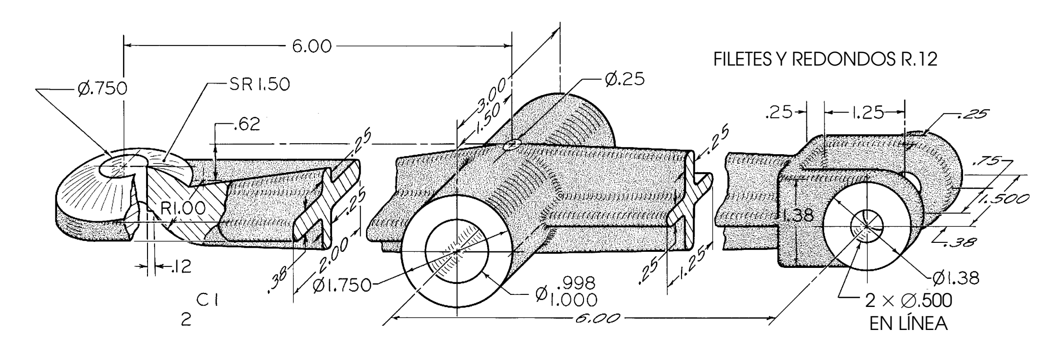
■ **FIGURA 7.52** ■ Polea cónica escalonada. Dibuje las vistas necesarias con sección (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



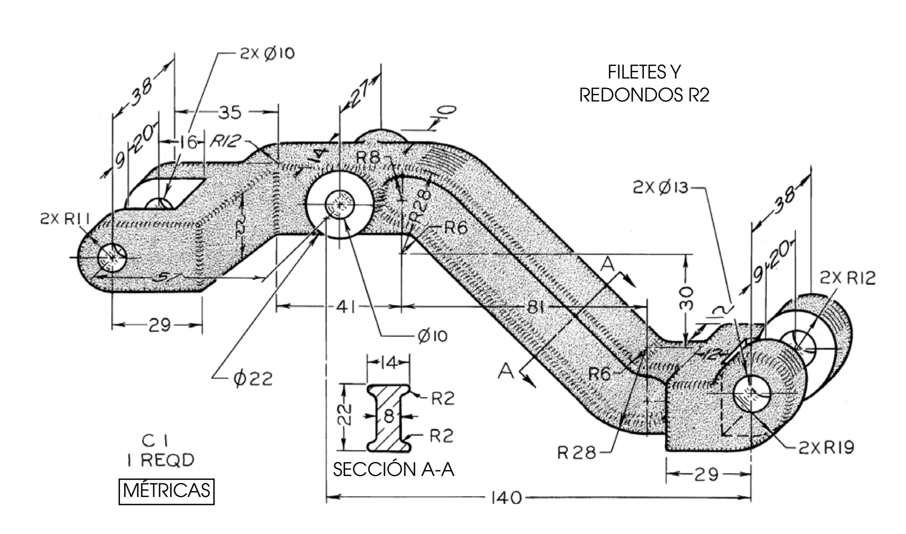
■ **FIGURA 7.53** ■ Polea acanalada. Dibuje dos incluyendo una sección media (Esquema B-4).



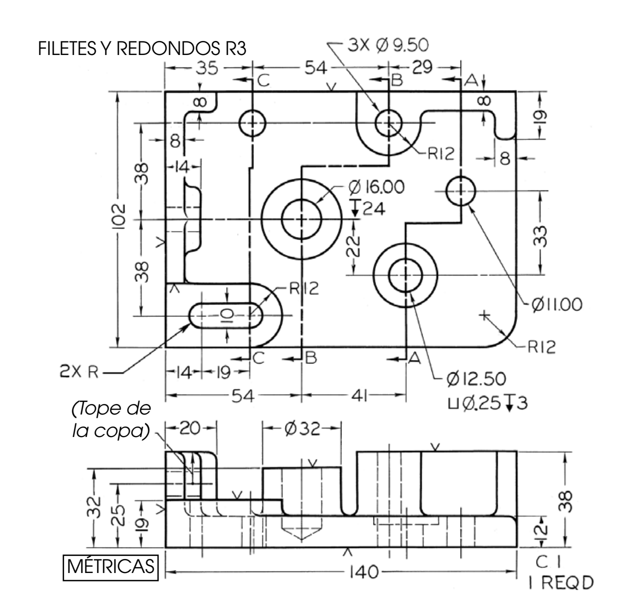
■ **FIGURA 7.54** ■ Válvula de operación. Vistas dadas: Frontal, izquierda e inferior parcial. Requeridas: Frontal, derecha e inferior completa, además de las secciones removidas que se indican (Esquema B-4).



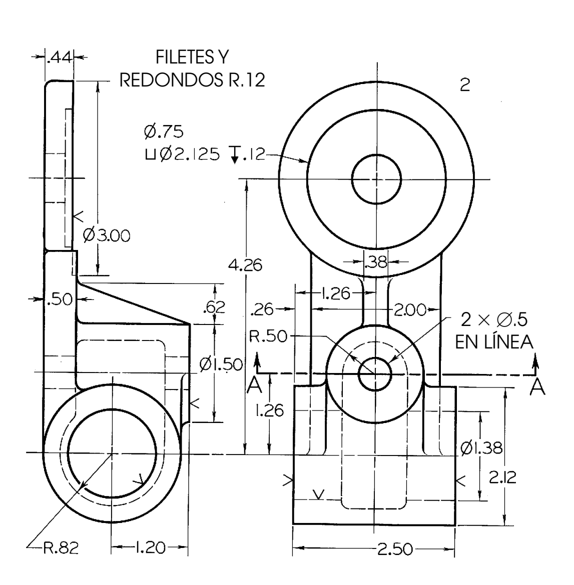
■ **FIGURA 7.55** ■ Brazo de balancín. Dibuje las vistas necesarias, con secciones giradas (Esquema B-4).



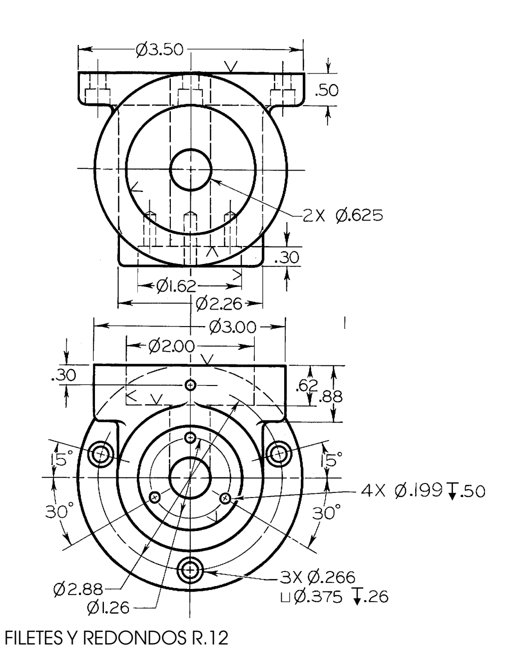
■ **FIGURA 7.56** ■ Elevador de amortiguador. Dibuje las vistas necesarias, use una sección girada en lugar de la sección removida (Esquema B-4).



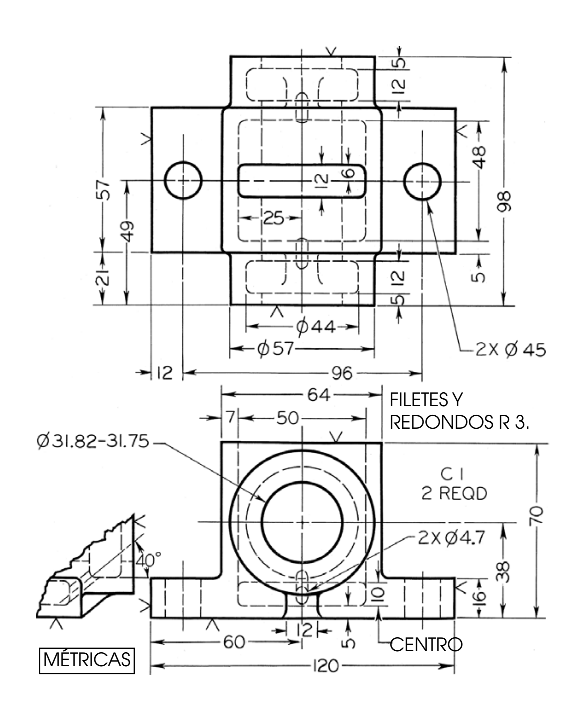
■ **FIGURA 7.57** ■ Base de ajustador. Vistas dadas: Frontal y superior. Vistas requeridas: Frontal y superior y las secciones A-A, B-B y C-C. Muestre todas las líneas visibles (Esquema B-4).



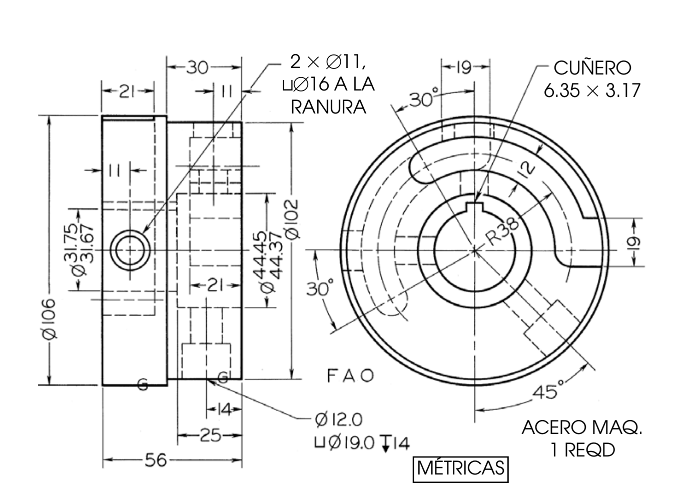
■ **FIGURA 7.58** ■ Bastidor móvil. Vistas dadas: Frontal e izquierda. Vistas requeridas: Frontal y derecha en sección completa y la sección removida A-A (Esquema B-4).



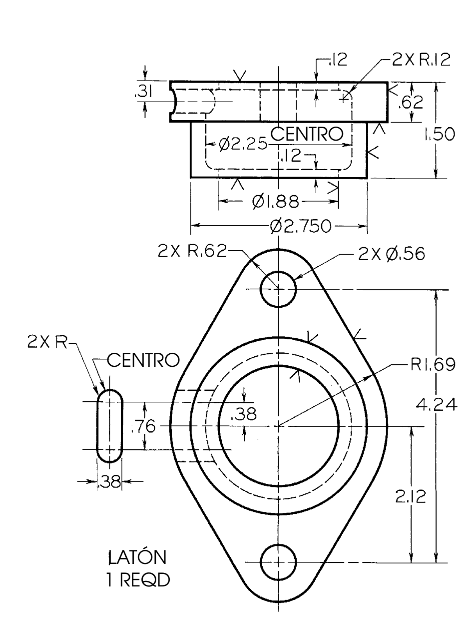
■ **FIGURA 7.59** ■ Ajuste hidráulico. Vistas dadas: Frontal y superior. Vistas requeridas: Frontal y superior y la vista derecha en sección completa (Esquema B-4).



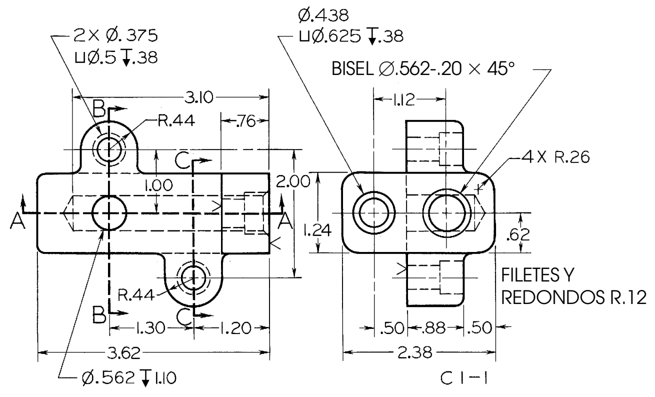
■ **FIGURA 7.60** ■ Chumacera de eje auxiliar. Vistas dadas: Frontal y superior. Vistas requeridas: Frontal y superior y la vista derecha en sección completa (Esquema B-4).



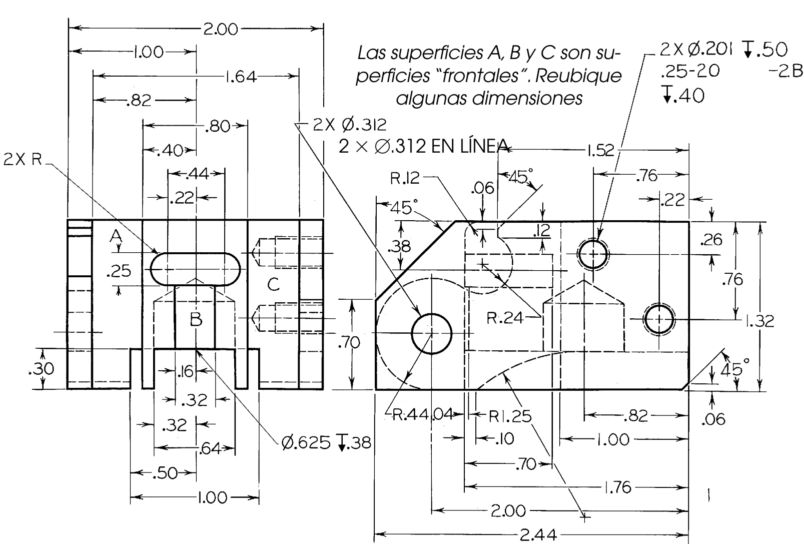
■ **FIGURA 7.61** ■ Araña transversal. Vistas dadas: Frontal e izquierda. Vistas requeridas: Frontal y derecha y la vista superior en sección completa (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



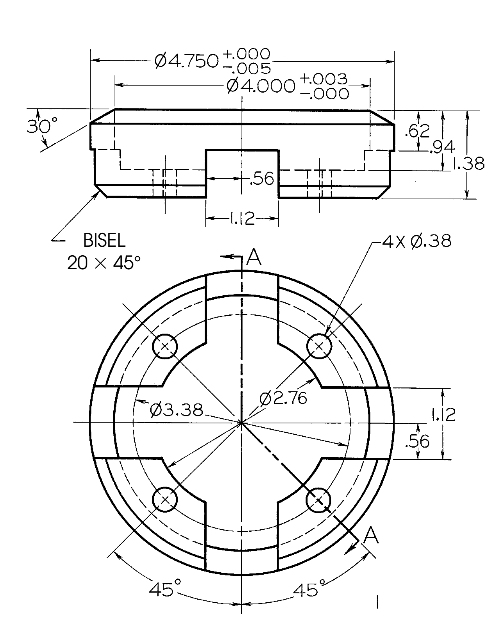
■ **FIGURA 7.62** ■ Cuello. Vistas dadas: Frontal, superior e izquierda parcial. Vistas requeridas: Frontal y derecha en sección completa (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).



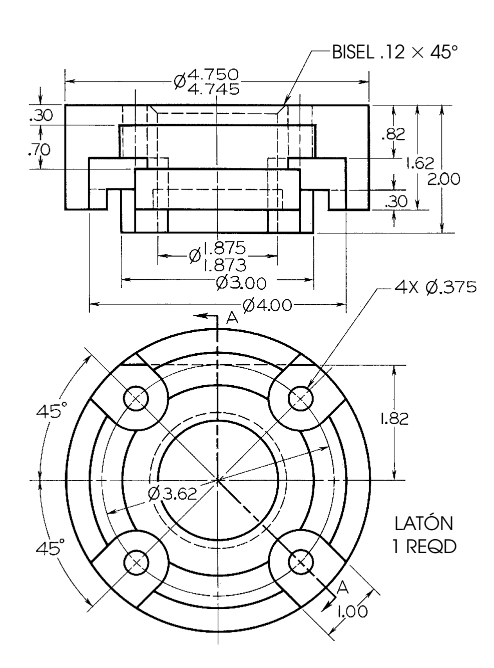
■ **FIGURA 7.63** ■ Ménsula. Vistas dadas: Frontal y derecha. Vistas requeridas: Tome la frontal como la nueva vista superior; después agregue las vistas derecha y frontal en la sección completa A-A, y las secciones B-B y C-C (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



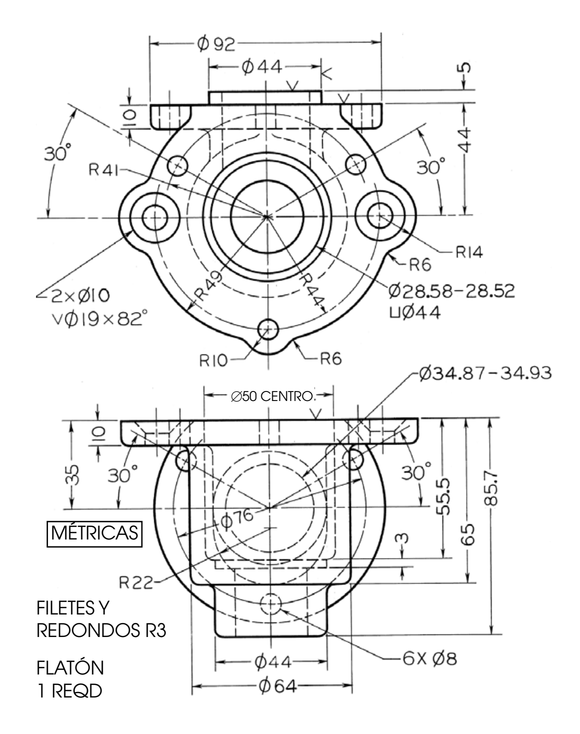
■ **FIGURA 7.64** ■ Bloque para llaves. Vistas dadas: Frontal y derecha. Vistas requeridas: Tome la frontal como la nueva vista superior; después agregue las nuevas vistas frontal y derecha en sección completa. Dibuje a doble tamaño en el esquema C-4 o A2-4 ajustado.



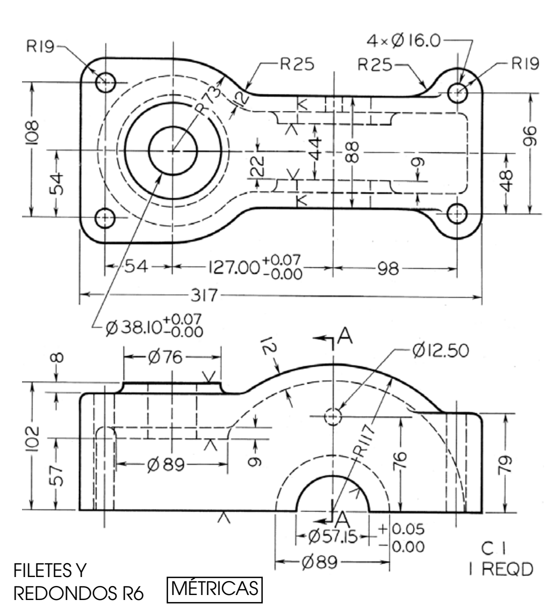
■ **FIGURA 7.65** ■ Anillo de empaque. Vistas dadas: Frontal y superior. Vistas requeridas: frontal y sección A-A (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).



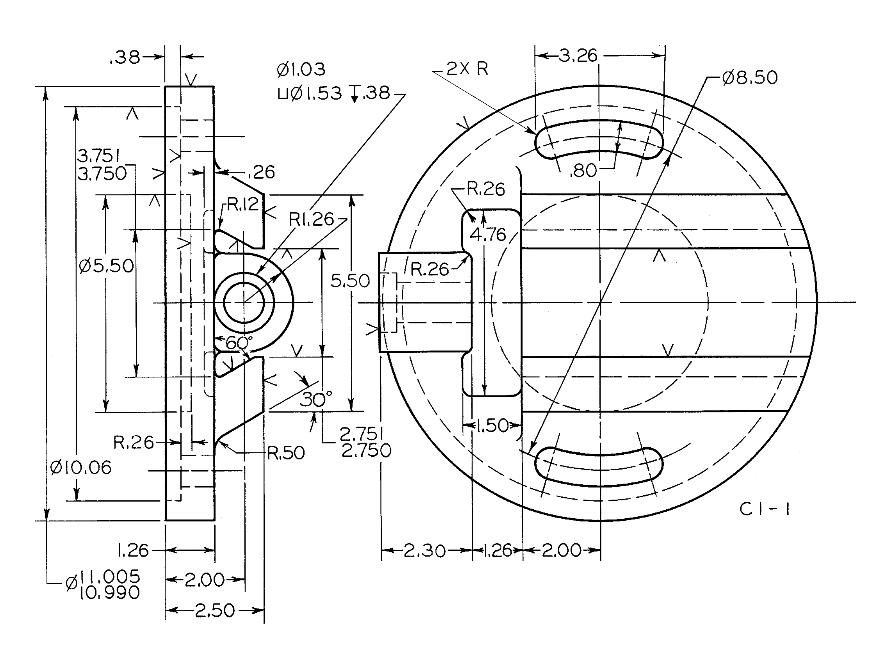
■ **FIGURA 7.67** ■ Retenedor de petróleo. Vistas dadas: Frontal y superior. Vistas requeridas: frontal y sección A-A (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



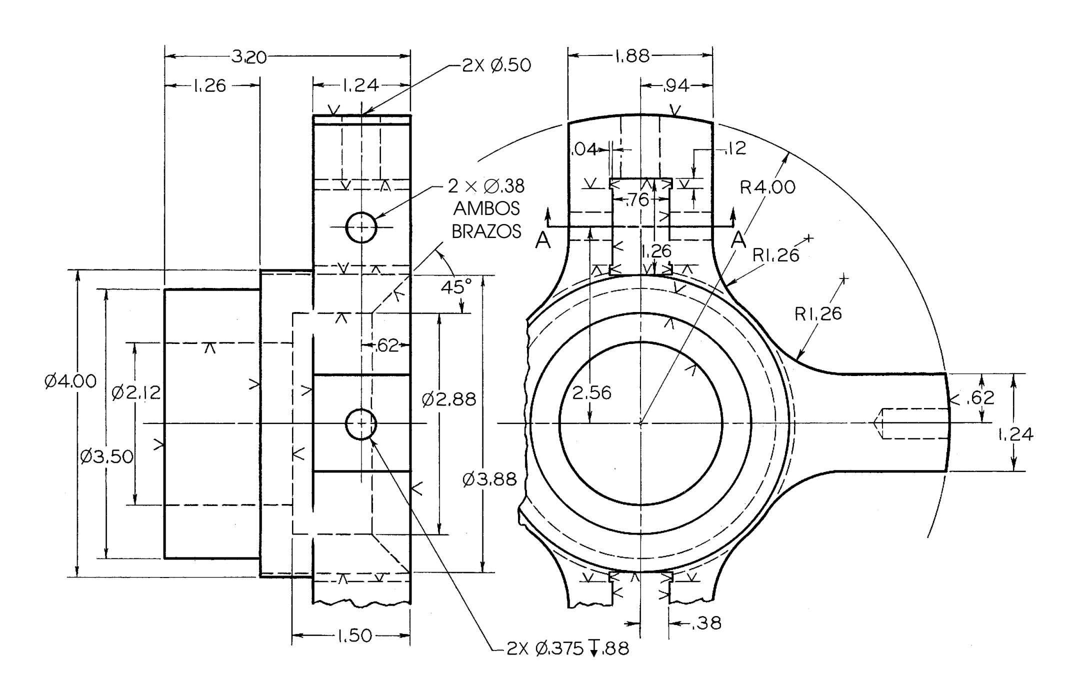
■ **FIGURA 7.66** ■ Cuerpo de colador. Vistas dadas: Frontal e inferior. Vistas requeridas: frontal y superior y vista derecha en sección completa. (Esquema C-4 o A2-4).



■ **FIGURA 7.68** ■ Caja de engranes. Vistas dadas: Frontal y superior. Vistas requeridas: frontal en sección completa, inferior y derecha en la sección A-A. Dibuje a la mitad del tamaño en el esquema B-4 o A3-4 (ajustado).



■ **FIGURA 7.69** ■ Disco ranurado para máquina de enrosque. Vistas dadas: Frontal e izquierda. Vistas requeridas: frontal y derecha y superior en sección completa. Dibuje a la mitad del tamaño en el esquema B-4 o A3-4 (ajustado).



■ **FIGURA 7.70** ■ Alma para embrague de torno. Vistas dadas: Frontal parcial e izquierda. Vistas requeridas: frontal completa, derecha en sección completa y la sección removida A-A. (Esquema C-4 o A2-4).

Capítulo

8

Vistas auxiliares, desarrollos e intersecciones

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Crear una vista auxiliar a partir de cualquier proyección ortogonal mediante el uso de un bosquejo o CAD.**
2. **Dibujar líneas de pliegue o líneas del plano de referencia entre dos planos adyacentes.**
3. **Construir vistas auxiliares de profundidad, altura o anchura.**
4. **Graficar curvas en vistas auxiliares.**
5. **Construir vistas auxiliares parciales.**
6. **Crear vistas de sección auxiliares.**
7. **Producir vistas para mostrar la longitud verdadera de una línea, la vista de punto de una línea, la vista del borde de una superficie y la vista a tamaño verdadero de una superficie.**
8. **Elaborar el desarrollo de prismas, pirámides, cilindros y conos.**
9. **Usar la triangulación para transferir las forma de una superficie a un desarrollo.**
10. **Crear el desarrollo de piezas de transición.**
11. **Resolver en forma gráfica la intersección de sólidos.**

PANORAMA

Los planos inclinados y las líneas oblicuas no aparecen a tamaño o longitud verdaderos en ninguno de los planos de proyección principales. Para mostrar la longitud verdadera de una línea oblicua, es necesario crear una vista auxiliar. Los principios para crear vistas auxiliares son los mismos ya sea que se utilice dibujo tradicional, bosquejos o CAD: se definen una línea de mirada y un plano de referencia. En el caso del dibujo tradicional, la vista se crea en forma manual a lo largo de los proyectores de la línea de mirada. Con CAD, la computadora genera la vista en forma automática si originalmente se creó un modelo tridimensional del objeto. Aun si se va a utilizar un sistema CAD para generar vistas auxiliares, es importante entender la teoría de superficies desarrollables. Algunas superficies no pueden desarrollarse o "aplanarse" para formar un patrón plano exacto y después crear partes con hojas de metal, cartón o tela (por ejemplo, una esfera sólo puede aproximarse). La comprensión de los métodos de desarrollo puede ayudar a utilizar el software de CAD a su máxima expresión.

■ INTRODUCCIÓN

Muchos objetos tienen una forma tal que sus caras principales no son paralelas a los planos de proyección regulares. Por ejemplo, en la figura 8.1a, la base del diseño para el cojinete se muestra en su forma y ***tamaño verdaderos***, pero la parte superior redondeada está colocada en cierto ángulo y no aparece en forma y tamaño verdaderos en ninguna de las tres vistas regulares. Para mostrar las formas circulares verdaderas, use una dirección de la vista perpendicular a los planos de las curvas (figura 8.1b). El resultado se conoce como una ***vista auxiliar***. Esta vista, junto con la superior, describe por completo el objeto. Las vistas frontal y derecha no son necesarias.

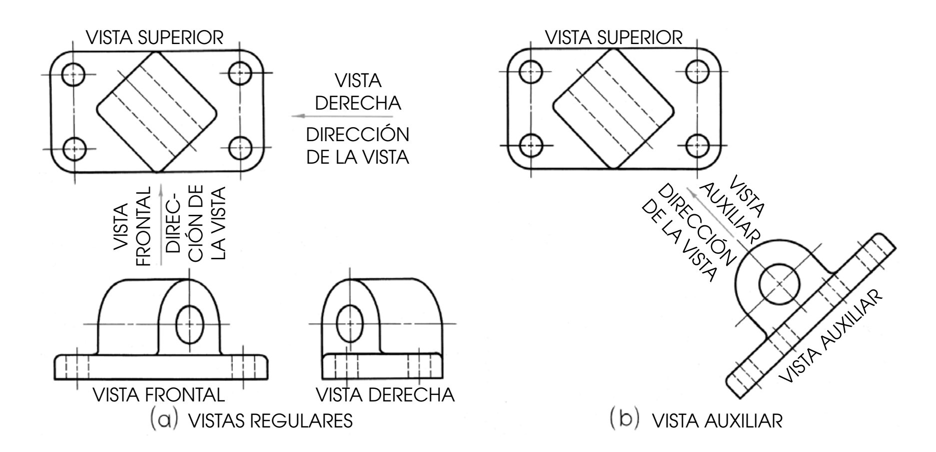
8.1 ■ DEFINICIONES

Cualquier vista obtenida mediante una proyección sobre un plano distinto al horizontal, frontal y los planos de proyección de perfil es una vista auxiliar. Una ***vista auxiliar primaria*** se proyecta en un plano que es perpendicular a uno de los planos principales de proyección y está inclinado respecto a los otros dos. Una ***vista auxiliar secundaria*** se proyecta a partir de una vista auxiliar primaria en un plano que está inclinado respecto a los tres planos de proyección principales.

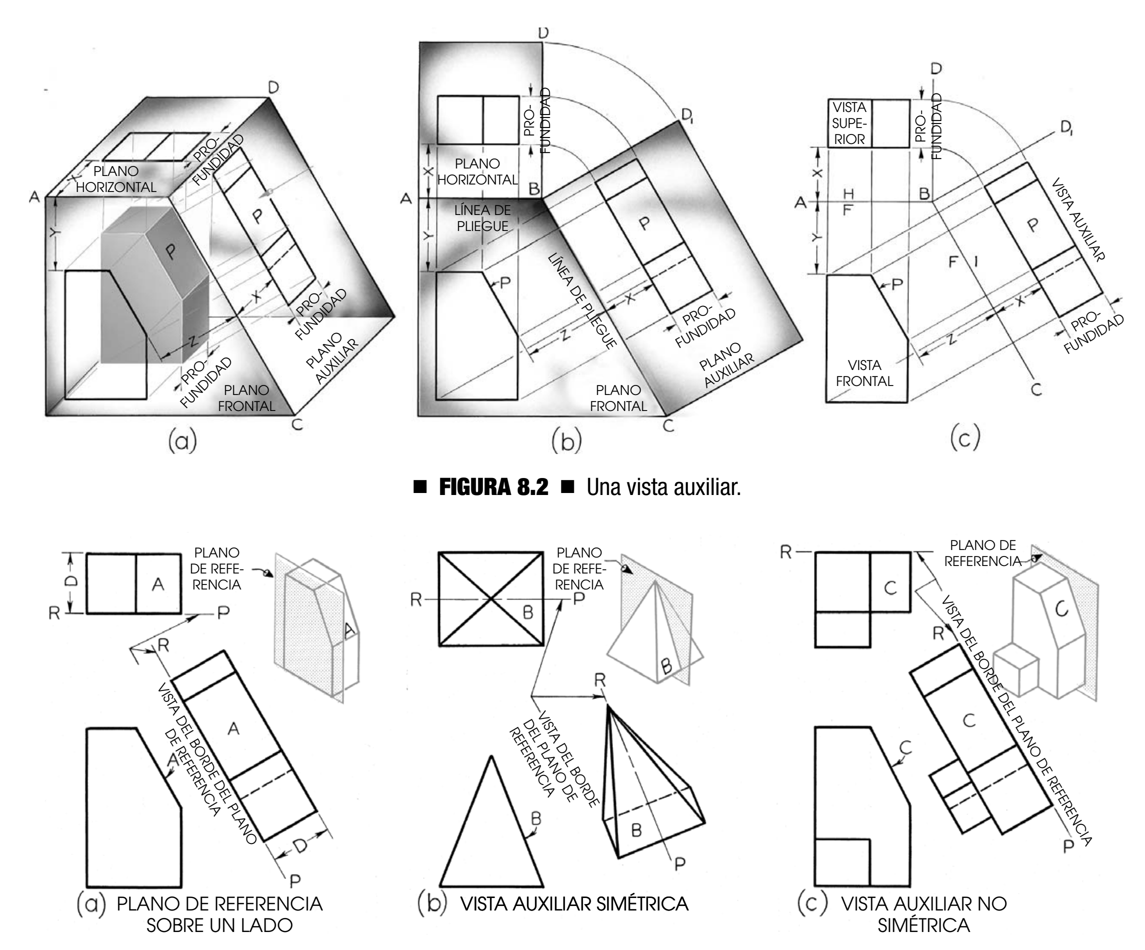
8.2 ■ EL PLANO AUXILIAR

El objeto de la figura 8.2a tiene una superficie inclinada (P) que no aparece en su tamaño y forma verdaderos en ninguna vista regular. Para mostrar la superficie inclinada a tamaño verdadero, la dirección de la vista debe ser perpendicular al plano inclinado. Si se utiliza el símil de la caja de cristal, el plano auxiliar se alinea paralelamente a la superficie inclinada P para obtener una vista a tamaño verdadero de dicho plano. En este caso, el plano auxiliar es perpendicular y está unido al plano frontal de proyección.

Encuentre la hoja de trabajo 8.1 (la caja de cristal con el plano de visión auxiliar) en la sección de hojas desprendibles. Corte el modelo de la caja de cristal con un plano de visión auxiliar y siga las instrucciones en la hoja. Use este modelo como una ayuda visual para entender la relación entre las



■ **FIGURA 8.1** ■ Vistas regulares y vistas auxiliares.



■ **FIGURA 8.2** ■ Una vista auxiliar.

■ **FIGURA 8.3** ■ Posición del plano de referencia.

vistas básicas y las auxiliares. Conteste las preguntas en la hoja conforme se continúe con el estudio de este capítulo.

Los planos horizontal y auxiliar se despliegan sobre el plano de la vista frontal (figura 8.2). Los dibujos no muestran los planos de la caja de cristal, pero se puede pensar en las ***líneas de pliegue*** (H/F y F/T) como la representación de las uniones de los planos (por lo general, las líneas de pliegue se omiten en los dibujos reales). La superficie inclinada P se muestra en su forma y tamaño verdaderos en la vista auxiliar. Observe que tanto la vista superior como la auxiliar muestran la profundidad del objeto. Una dimensión de la superficie se proyecta de manera directa a partir de la vista frontal y la profundidad se transfiere a partir de la vista superior.

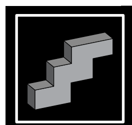
Como se estudió en el capítulo 5, la ubicación de las líneas de pliegue depende del tamaño de la caja de cristal y de la ubicación del objeto dentro de ésta. Si el objeto está más abajo en la caja, la distancia "Y" se incrementa; si el objeto se mueve hacia atrás en la caja, la distancias X se incrementan pero aún son iguales. Si el objeto se mueve a la izquierda dentro de la caja de cristal, la distancia Z aumenta.

8.3 ■ PLANOS DE REFERENCIA

En la vista auxiliar de la figura 8.2c, la línea de pliegue muestra la vista del borde del plano de proyección frontal. En este caso, el plano frontal se usa para transferir distancias (es decir, las medidas de profundidad) de la vista superior a la vista auxiliar.

En lugar de usar uno de los planos de proyección, puede utilizarse un ***plano de referencia*** paralelo al plano de proyección y cortar el objeto. Por ejemplo, en la figura 8.3a un plano de referencia se alinea con la superficie frontal del objeto. Este plano aparece sobre su borde, o como una línea, en las vistas superior y auxiliar. Las dos líneas de referencia se usan de la misma manera que las líneas de pliegue. Las dimensiones D en las vistas superior y auxiliar son iguales. La ventaja del método del plano de referencia es que se requieren menos dimensiones porque algunos puntos del objeto pertenecen al plano de referencia. El plano de referencia debe elaborarse con líneas claras similares a las líneas de construcción.

Puede usarse un plano de referencia que coincida con la superficie frontal del objeto (figura 8.3a). Cuando

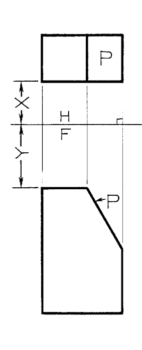


Paso a paso 8.1

Bosquejo de una vista auxiliar

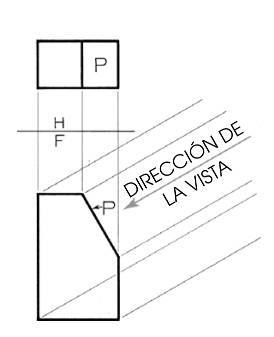
Para dibujar una vista auxiliar mediante el uso de líneas de pliegue, pueden seguirse los pasos descritos a continuación. En este ejemplo se proporcionan las vistas superior y frontal.

1. Para dibujar una vista auxiliar donde se muestre el tamaño y la forma verdaderos de la superficie inclinada P, la dirección de la vista debe ser perpendicular a la vista de borde de la superficie inclinada. Para producir esta vista, dibuje la línea de pliegue H/F entre las vistas en ángulos rectos a las líneas de proyección (la distancia que seleccione para colocar la línea de pliegue en relación con la vista no es crítica, pues sólo representa la relación entre la ubicación del objeto y los planos de la caja de cristal).

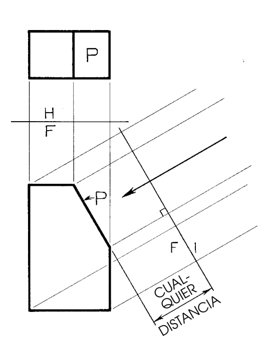


Nota: En los siguientes pasos use escuadras (vea el "Consejo práctico", en la siguiente página) para dibujar las líneas paralelas o perpendiculares a la cara inclinada, o utilice las técnicas de bosquejo a mano alzada.

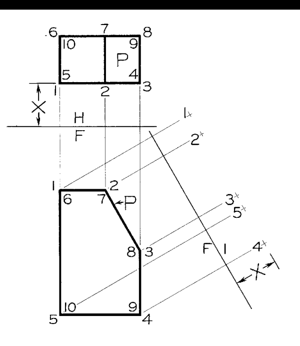
2. Establezca una dirección de la vista perpendicular a la superficie P. Dibuje líneas de proyección ligeras a partir de la vista frontal perpendiculares a la superficie P (paralelas a la flecha).



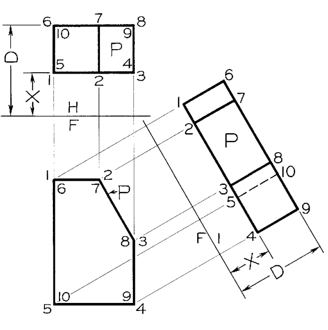
3. Dibuje la línea de pliegue F/1 para la vista auxiliar en ángulos rectos respecto a las líneas de proyección, y a cualquier distancia conveniente de la vista frontal.



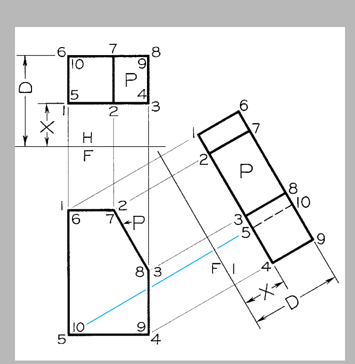
4. Identifique mentalmente las superficies del objeto o etiquételas. Numere los vértices del objeto para que resulte fácil proyectarlos a la vista auxiliar. En este caso, la vista auxiliar muestra la altura y la profundidad del objeto. Localice cada punto sobre esta línea de proyección para transferir su altura a la vista auxiliar adyacente. Después transfiera las ubicaciones de la profundidad para los puntos midiendo la distancia de la línea de pliegue al punto en la vista superior y transfiriendo esta medida a la línea de proyección correspondiente en la vista auxiliar.



5. Identifique mentalmente las superficies del objeto o etiquételas. Numere los vértices del objeto para que resulte fácil proyectarlos a la vista auxiliar. En este caso, la vista auxiliar muestra la altura y la profundidad del objeto. Localice cada punto sobre esta línea de proyección para transferir su altura a la vista auxiliar adyacente. Después transfiera las ubicaciones de la profundidad para los puntos midiendo la distancia de la línea de pliegue al punto en la vista superior y transfiriendo esta medida a la línea de proyección correspondiente en la vista auxiliar.



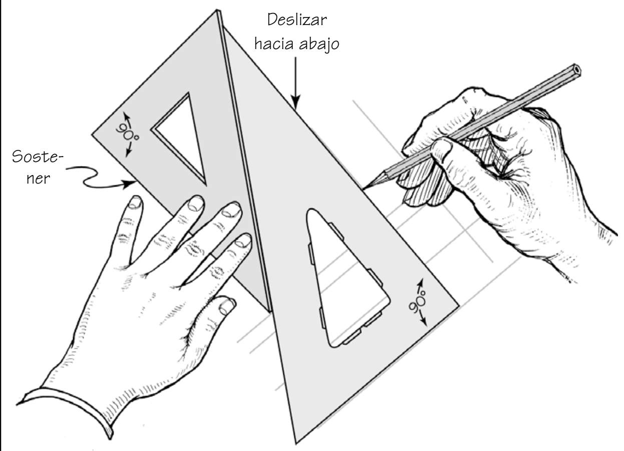
Nota: Si una línea de proyección cruza una parte del objeto, a menudo la línea en la vista proyectada está oculta detrás de otra superficie. Si una línea de proyección no cruza la vista del objeto, la superficie resultante será visible.

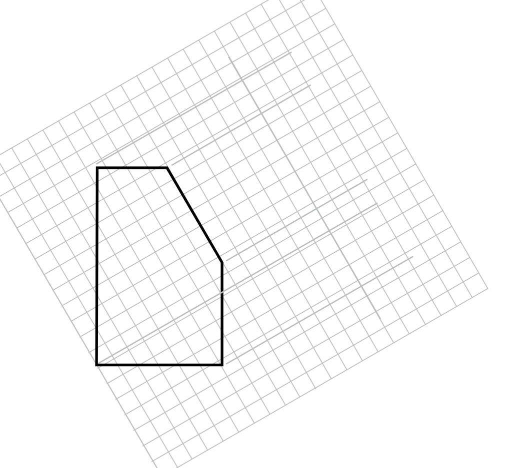




Consejos prácticos

Dibujo de vistas auxiliares





Uso de escuadras

Para dibujar líneas paralelas y perpendiculares en bosquejos precisos, siga los pasos descritos a continuación:

- Coloque dos escuadras una junto a la otra de manera que las esquinas de 90 grados queden en el exterior.
- Deslícelas sobre el dibujo hasta que el borde exterior de una de ellas se encuentre a lo largo de la línea de la que se quieren obtener líneas paralelas.
- Sostenga la escuadra trasera y deslice la otra a lo largo de la primera.
- Dibuje líneas paralelas a lo largo de un borde de la escuadra; dibuje líneas perpendiculares a lo largo del otro borde.
- Esta técnica funciona bien como una actividad adicional al bosquejo a mano alzada cuando se desea mostrar una vista auxiliar.

Uso de papel cuadriculado

Puede usar papel cuadriculado o milimétrico para bosquejar vistas auxiliares: oriente las líneas de la cuadrícula por debajo del papel de dibujo u otra hoja semitransparente de forma que la cuadrícula sea paralela al borde inclinado del dibujo. Use la cuadrícula para ayudar a trazar líneas paralelas y perpendiculares al borde en cuestión.

Uso de CAD

La mayoría de los sistemas CAD permiten rotar la cuadrícula o crear un nuevo sistema coordenado (conocido también como sistema de coordenadas del usuario) de manera que se alinee con la superficie inclinada. Si se utiliza CAD tridimensional, es posible utilizar vistas auxiliares al observar el objeto perpendicular a la superficie que se desea mostrar a tamaño verdadero.

un objeto es simétrico, resulta útil seleccionar el plano de referencia para cortar el objeto (figura 8.3b). De esta manera, debe hacerse sólo la mitad de las mediciones para transferir dimensiones, porque son las mismas en cada uno de los lados del plano de referencia.

Si se utiliza CAD, es posible dibujar la mitad del objeto y después crear una imagen de espejo. También puede usarse la superficie trasera del objeto (figura 8.3c), o cualquier punto intermedio que pudiera ser ventajoso.

Coloque el plano de referencia de manera que sea conveniente para transferir distancias. Recuerde lo siguiente:

1. Las líneas de referencia, como las de pliegue, siempre forman ángulos rectos con las líneas de proyección entre las vistas.
2. Un plano de referencia aparece como una línea en dos líneas alternadas, nunca en vistas adyacentes.
3. Las medidas siempre se hacen en ángulos rectos respecto a las líneas de referencia o paralelamente a las líneas de proyección.
4. En la vista auxiliar, existen las mismas distancias entre todos los puntos y la línea de referencia, y entre los puntos correspondientes y la línea de referencia en la vista alternada, o ***segunda vista previa.***

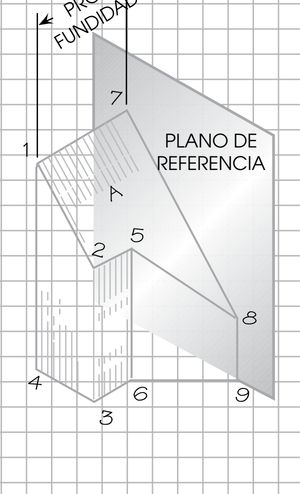


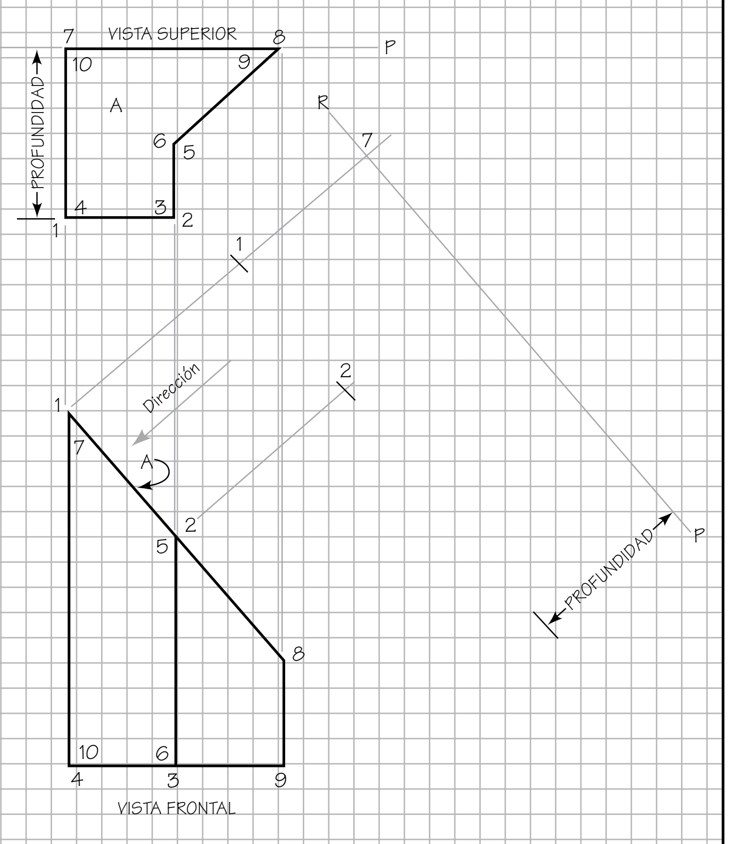
Manos a la obra 8.1

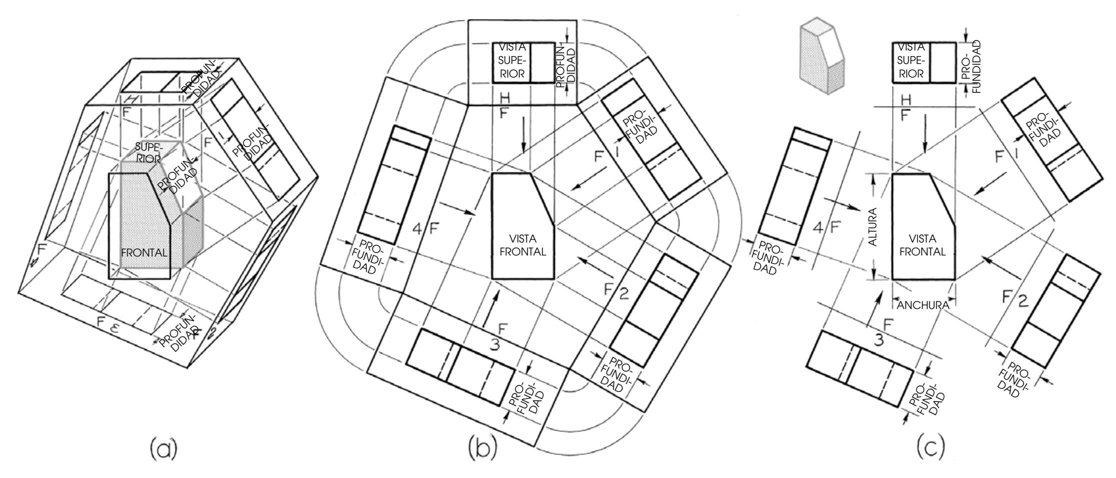
Proyección de vistas auxiliares con el uso de un plano de referencia

En la vista de la derecha, el objeto se ha numerado para facilitar la actividad. Si desea crear una vista auxiliar:

1. Dibuje dos vistas del objeto y determine la dirección de vista necesaria para producir una vista que mostrará el tamaño verdadero de la superficie A. Este paso ya se ha completado en la figura.
2. Enseguida bosqueje líneas de proyección paralelas a la dirección de la vista. Algunas de ellas ya están dibujadas; agregue las que falten.
3. Establezca un plano de referencia paralelo a la superficie trasera del objeto. Las líneas de referencia de las vistas superior y auxiliar forman ángulos rectos con las líneas de proyección y ya han sido dibujadas. Éstas son las vistas del borde del plano de referencia.
4. Dibuje la vista auxiliar de la superficie A. Ésta tendrá el tamaño y la forma verdaderos porque la dirección de la vista se tomó perpendicular a esa superficie. Transfiera las distancias de profundidad desde la vista superior hasta la vista auxiliar con un compás de punta o un escalímetro. Cada punto en la vista auxiliar estará en su línea de proyección desde la vista frontal y a la misma distancia de la línea de referencia que como lo está en la vista superior respecto a la línea de referencia correspondiente. Los puntos 1, 2 y 7 ya han sido proyectados. Termine la proyección de los puntos 5 y 8. Dibuje la superficie A a tamaño verdadero en la vista auxiliar al conectar los vértices en el mismo orden que se muestra en la vista superior (1-7-8-5-2-1).
5. Termine la vista auxiliar agregando otros bordes y superficies del objeto. Cada punto numerado de la vista auxiliar descansa sobre su línea de proyección desde la vista frontal y está a la misma distancia de la línea de referencia que como en la vista superior. Observe que dos superficies del objeto aparecen como líneas en la vista auxiliar.







■ **FIGURA 8.4** ■ Vistas auxiliares de profundidad.

8.4 ■ CLASIFICACIÓN DE VISTAS AUXILIARES

Las vistas auxiliares se denominan de acuerdo con la dimensión principal que muestran. Por ejemplo, las vistas auxiliares de la figura 8.4 son vistas auxiliares de profundidad porque muestran la profundidad del objeto. Cualquier vista auxiliar proyectada desde la vista frontal, también conocida como vista frontal adyacente, es una vista auxiliar de profundidad.

De manera similar, cualquier vista auxiliar proyectada a partir de la vista superior, también conocida como una vista superior adyacente, es una vista auxiliar de altura; y cualquier vista auxiliar proyectada a partir de una vista lateral, también conocida como una vista lateral adyacente, es una vista auxiliar de anchura.

8.5 ■ VISTAS AUXILIARES DE PROFUNDIDAD

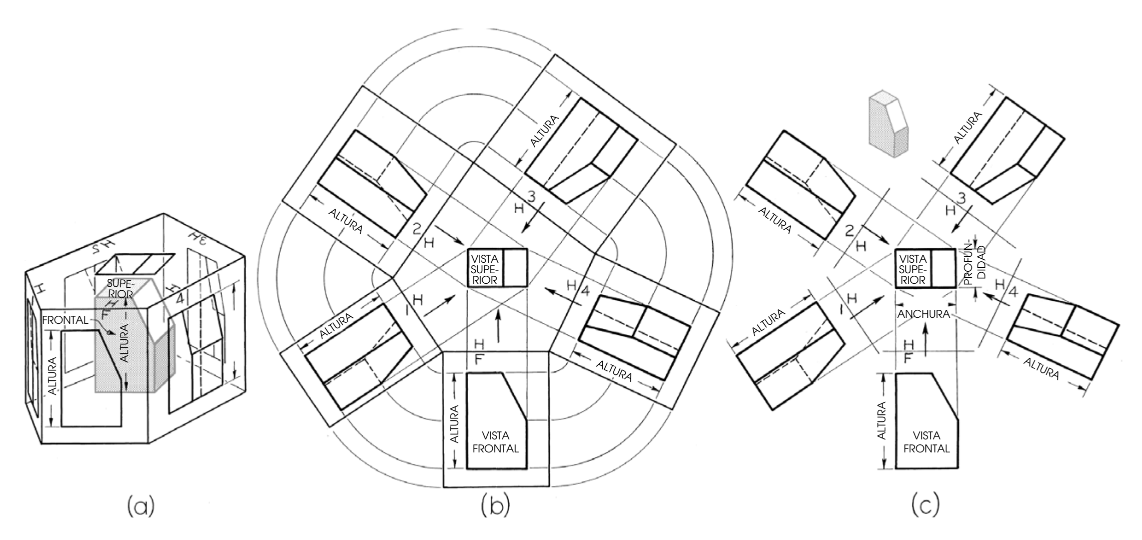
Existe un número infinito de planos auxiliares que pueden unirse de manera perpendicular al plano frontal (F) de proyección. La figura 8.4a muestra cinco de esos planos (se incluye el plano horizontal para mostrar que es similar a los otros). Todas estas vistas muestran la profundidad del objeto y, por lo tanto, son vistas auxiliares de profundidad.

Los planos auxiliares desplegados (figura 8.4b) presentan la forma en que se proyectan las dimensiones de profundidad desde la vista superior hasta todas las vistas auxiliares. Las flechas indican las direcciones de mirada.

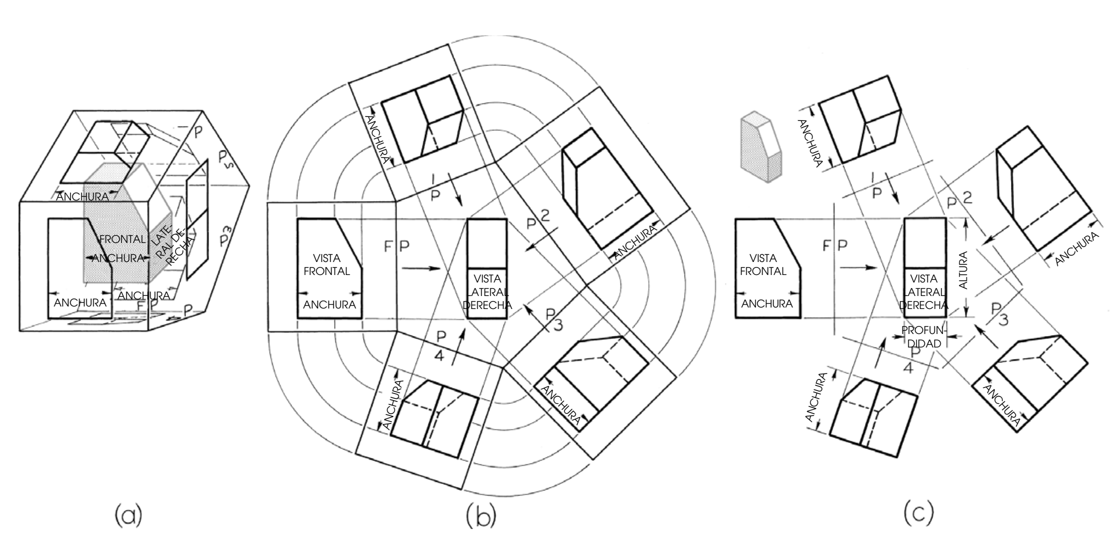
La figura 8.4c muestra el dibujo completo donde se omiten las líneas exteriores de los planos de proyección. Observe que la vista frontal muestra la altura y la anchura del objeto, pero no su profundidad. *La dimensión principal mostrada en una vista auxiliar es aquella que no se muestra en la vista adyacente, a partir de la cual se proyectó la vista auxiliar.*

8.6 ■ VISTAS AUXILIARES DE ALTURA

Existe un número infinito de planos auxiliares que pueden unirse en forma perpendicular al plano horizontal (H) de proyección. La figura 8.5a muestra algunos de éstos. La vista frontal y todas las vistas auxiliares muestran



■ **FIGURA 8.5** ■ Vistas auxiliares de altura.



■ **FIGURA 8.6** ■ Vistas auxiliares de anchura.

la altura del objeto; por lo tanto, todas ellas son vistas auxiliares de altura.

La figura 8.5b presenta los planos de proyección desplegados; la 8.5c muestra el dibujo completo. Observe que, en la vista superior, la única dimensión que *no se muestra* es la altura.

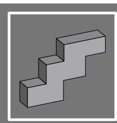
8.7 ■ VISTAS AUXILIARES DE ANCHURA

Existe un número infinito de planos auxiliares que pueden unirse en forma perpendicular al plano de perfil (P) de proyección. La figura 8.6a muestra algunos de éstos. La vista frontal y todas estas vistas auxiliares son vistas auxiliares de anchura.

La figura 8.6b presenta los planos de proyección desplegados; la 8.6c muestra el dibujo completo. En la vista lateral derecha, a partir de la cual se proyectan las vistas auxiliares, la única dimensión que *no se muestra* es la anchura.

8.8 ■ CURVAS Y ELIPSES GRAFICADAS

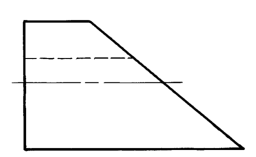
Cuando un plano inclinado corta a un cilindro, la superficie inclinada tiene una forma inclinada. Para mostrar el tamaño verdadero debe crearse una vista auxiliar donde la dirección de la vista sea perpendicular a la vista del borde de la superficie inclinada. El resultado es una elipse mostrada en su forma y tamaño verdaderos en la vista auxiliar. El eje mayor de la elipse tiene una longitud verdadera en la vista frontal, aunque la misma elipse está sobre su borde. El eje menor es igual al diámetro del cilindro.

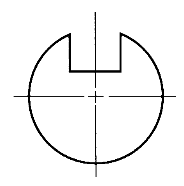


Paso a paso 8.2

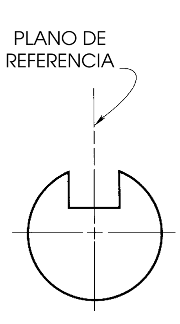
Presentación de una superficie elíptica inclinada a tamaño verdadero

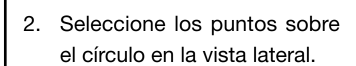
Dadas las vistas frontal y lateral, proyecte una vista auxiliar que presente el tamaño verdadero de la superficie elíptica:



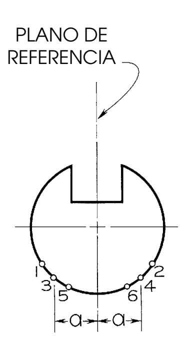


1. Como éste es un objeto simétrico, utilice un plano de referencia a través del centro del objeto, como se muestra en la figura.

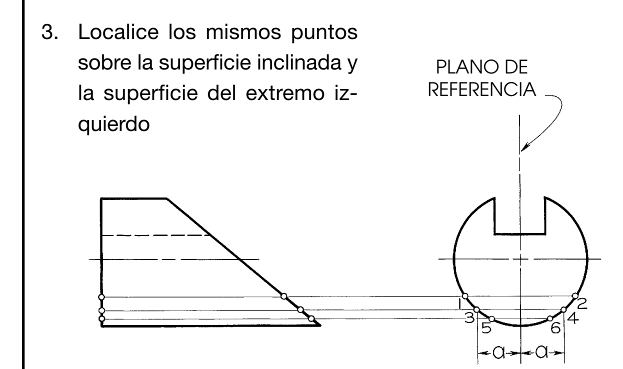




2. Seleccione los puntos sobre el círculo en la vista lateral.



3. Localice los mismos puntos sobre la superficie inclinada y la superficie del extremo izquierdo

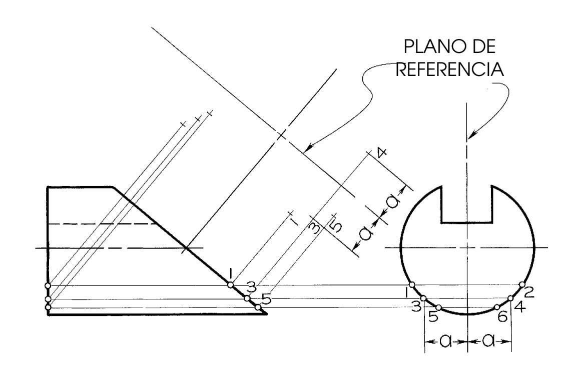


Consejo práctico

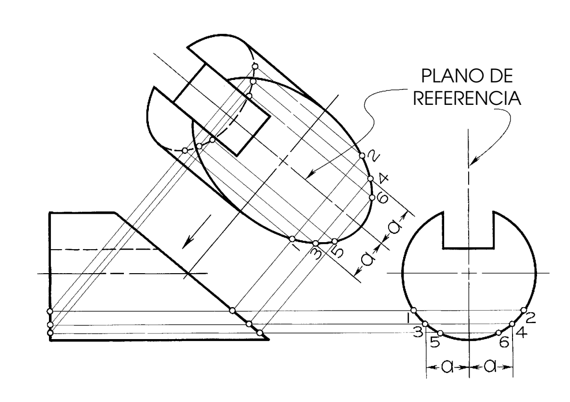
Creación de elipses en CAD

Como los ejes mayor y menor son conocidos, es posible crear con rapidez elipses similares mediante el uso de CAD localizando los ejes mayor y menor, o el centro y los ejes. Para el bosquejo a mano podría utilizarse una plantilla de elipses.

4. Proyecte cada punto hacia la vista auxiliar a lo largo de su línea de proyección.



5. Transfiera las distancias desde la vista lateral hasta la vista auxiliar. Como el objeto es simétrico, se pueden localizar dos puntos con cada medición, como se muestra en los puntos 1-2, 3-4 y 5-6. Proyecte la suficiente cantidad de puntos para bosquejar de manera precisa las curvas.

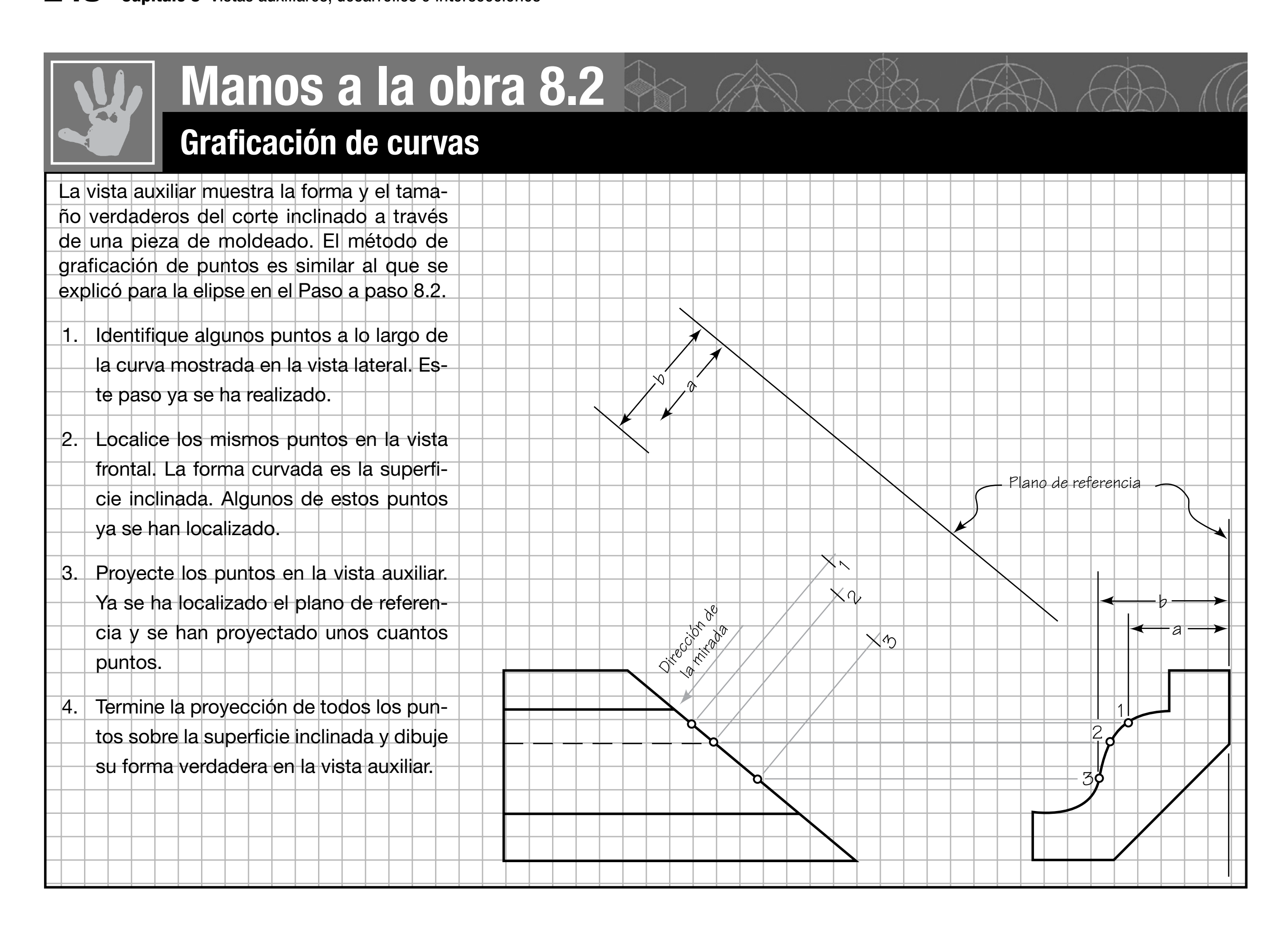


Manos a la obra 8.2

Graficación de curvas

La vista auxiliar muestra la forma y el tamaño verdaderos del corte inclinado a través de una pieza de moldeado. El método de graficación de puntos es similar al que se explicó para la elipse en el Paso a paso 8.2.

1. Identifique algunos puntos a lo largo de la curva mostrada en la vista lateral. Este paso ya se ha realizado.
2. Localice los mismos puntos en la vista frontal. La forma curvada es la superficie inclinada. Algunos de estos puntos ya se han localizado.
3. Proyecte los puntos en la vista auxiliar. Ya se ha localizado el plano de referencia y se han proyectado unos cuantos puntos.
4. Termine la proyección de todos los puntos sobre la superficie inclinada y dibuje su forma verdadera en la vista auxiliar.



8.9 ▪ CONSTRUCCIÓN INVERSA

Para completar las vistas regulares, con frecuencia es necesario construir primero una vista auxiliar donde las dimensiones críticas se muestren a tamaño verdadero. Por ejemplo, en la figura 8.7a, la parte superior de la vista lateral derecha no se puede construir hasta que se dibuje la vista auxiliar. Primero, se establecen los puntos sobre las curvas y después se proyectan de nuevo a la vista frontal, como se muestra en la figura.

En la figura 8.7b se muestran el ángulo de 60 grados y la ubicación de la línea 1-2 en la vista frontal. Para localizar la línea 3-4 en la vista frontal y las líneas 2-4, 3-4 y 4-5 en la vista lateral, primero es necesario construir el ángulo de 60 grados en la vista auxiliar y proyectarla de nuevo a las vistas frontal y lateral, como se muestra en la figura.

8.10 ▪ VISTAS AUXILIARES PARCIALES

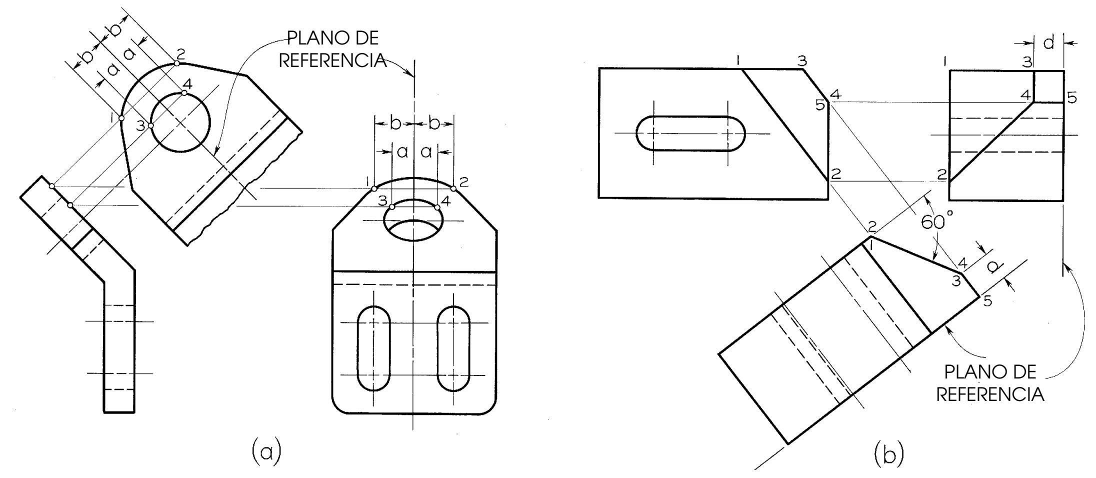
A menudo, el uso de una vista auxiliar hace posible omitir una o más vistas regulares. La figura 8.8 muestra tres dibujos de vistas auxiliares completas. La creación de estos dibujos requiere mucho tiempo y pueden llegar a ser confusos por la cantidad de líneas que contienen. Sin embargo, ninguna línea se puede eliminar por completo.

Muchas veces, las vistas parciales resultan suficientes y son más fáciles de leer. La figura 8.9 muestra vistas regulares parciales y ***vistas auxiliares parciales***. Por lo general, se usa una línea de rompimiento o corte para indicar el quiebre imaginario en las vistas. *No dibuje una línea de rompimiento o corte que coincida con una línea visible u oculta.*

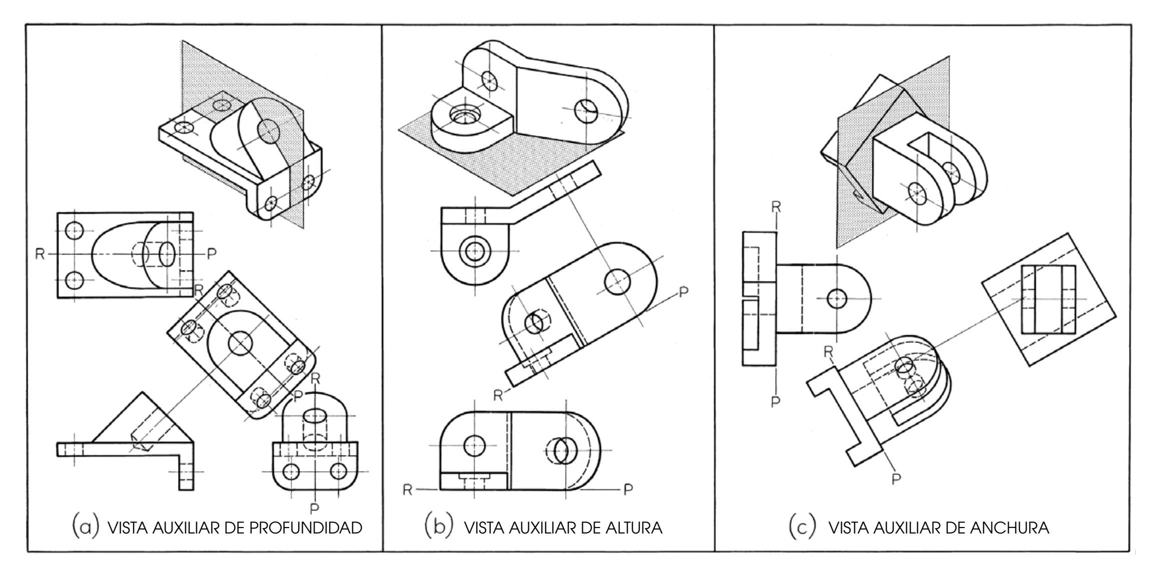
Para evitar que estas vistas auxiliares parciales, que casi siempre son pequeñas, parezcan “perdidas” y sin relación con ninguna vista, se recomienda conectarlas con las vistas a partir de las cuales se proyectan, ya sea con una línea central o con dos líneas de proyección delgadas.

8.11 ▪ VISTAS AUXILIARES A LA MITAD

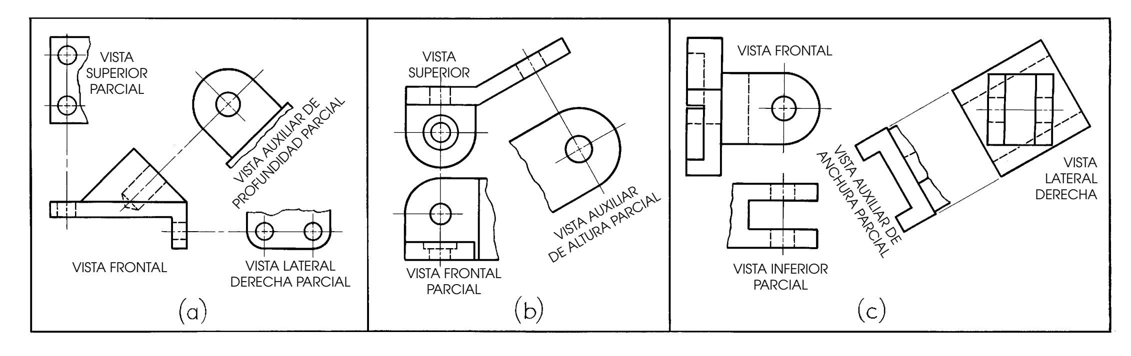
Si una vista auxiliar es simétrica, y es necesario ahorrar espacio en el dibujo o acortar el tiempo, puede dibujarse sólo la mitad de la vista auxiliar (figura 8.10). En este caso, también se muestra la mitad de una vista regular porque



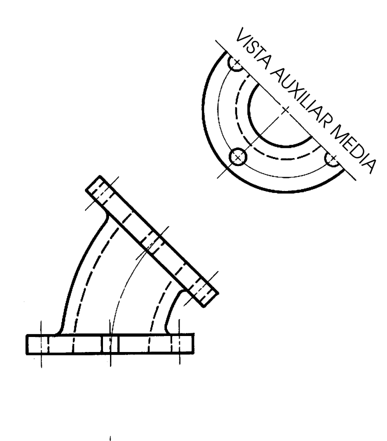
■ **FIGURA 8.7** ■ Construcción inversa.

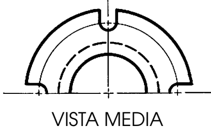


■ **FIGURA 8.8** ■ Vistas auxiliares primarias.

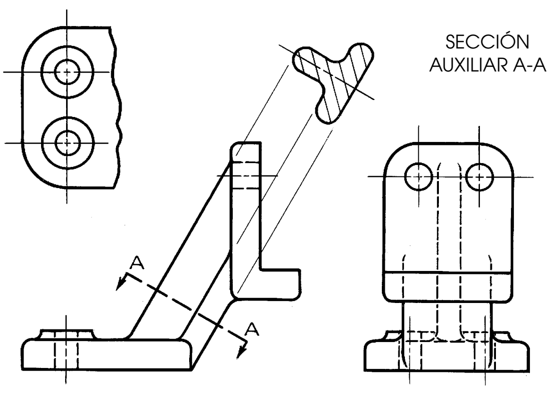


■ **FIGURA 8.9** ■ Vistas parciales.





■ **FIGURA 8.10** ■ Vistas medias.



■ **FIGURA 8.11** ■ Sección auxiliar.

la brida inferior también es simétrica. Note que en cada uno de los casos se muestra la mitad más cercana.

8.12 ■ LÍNEAS OCULTAS EN VISTAS AUXILIARES

En general, las líneas ocultas deben omitirse en las vistas auxiliares, a menos que sean necesarias para comunicar con claridad la intención del dibujo. Mientras se realizan prácticas, es recomendable mostrar todas las líneas ocultas, en especial si se presenta la vista auxiliar de todo el objeto. Después, cuando se tenga familiaridad con el dibujo de vistas auxiliares, las líneas ocultas pueden omitirse si éstas no agregan información indispensable al dibujo.

8.13 ■ SECCIONES AUXILIARES

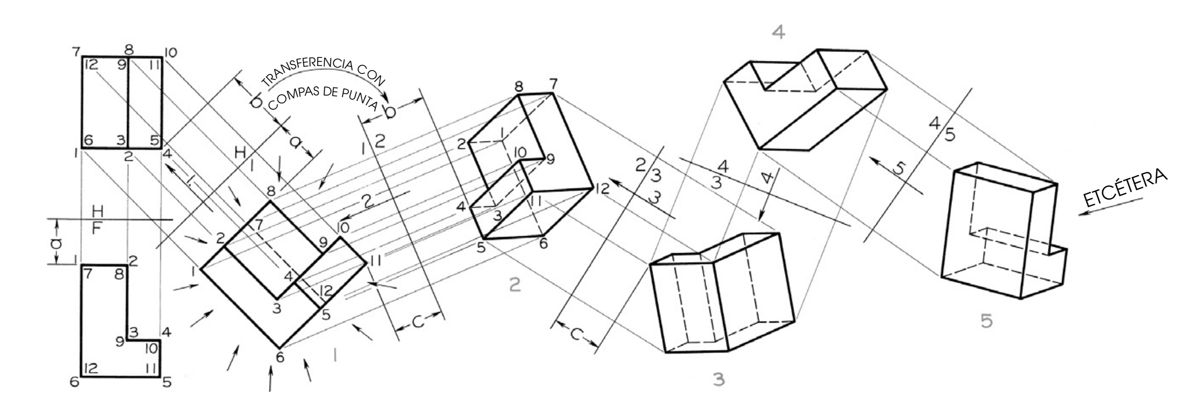
Una ***sección auxiliar*** es, simplemente, una vista auxiliar en sección. La figura 8.11 muestra una sección auxiliar típica. En este ejemplo no hay suficiente espacio para una sección girada, aunque podría haberse usado una sección removida en lugar de una sección auxiliar. Observe la línea del plano en corte y las flechas de terminación que indican la dirección de la vista para la sección auxiliar. En un dibujo de sección auxiliar puede mostrarse la porción completa del objeto detrás del plano cortante o sólo la superficie de corte.

8.14 ■ VISTAS AUXILIARES SUCESIVAS

Hasta este punto ha aprendido a proyectar vistas auxiliares primarias; es decir, vistas auxiliares proyectadas a partir de las vistas principales. En la figura 8.12, la vista auxiliar 1 es una vista auxiliar primaria proyectada a partir de la vista superior.

A partir de la vista auxiliar primaria 1 puede dibujarse una vista auxiliar secundaria 2; después, con base en ésta, una ***vista auxiliar terciaria*** 3, y así sucesivamente. Puede elaborarse un número infinito de vistas auxiliares. Sin embargo, la vista auxiliar secundaria 2 no es la única que puede proyectarse a partir de la vista auxiliar primaria 1. Como lo muestran las flechas alrededor de la vista

■ **FIGURA 8.12** ■ Vistas auxiliares sucesivas.



1, puede proyectarse un número infinito de vistas auxiliares secundarias con diferentes líneas de la vista. Cualquier vista auxiliar proyectada a partir de una vista auxiliar primaria es una vista auxiliar secundaria. De hecho, cualquier vista auxiliar sucesiva puede usarse como base para proyectar una serie infinita de vistas.

En este ejemplo, resultan más convenientes las líneas de pliegue que las líneas de plano de referencia. En la vista auxiliar 1, la distancia entre todos los puntos numerados y la línea de pliegue H/1 es la misma que hay entre los puntos de la vista frontal y la línea de pliegue H/F. Estas distancias, como la distancia a, se transfieren de la vista frontal a la vista auxiliar.

Para dibujar la vista auxiliar secundaria 2, no tome en cuenta la vista frontal y concéntrese en la secuencia de tres vistas: la vista superior, la vista 1 y la vista 2. Dibuje líneas de proyección ligeras paralelas a la dirección de la vista deseada para la vista 2. Dibuje la línea de pliegue 1/2 perpendicular a las líneas de proyección y a cualquier distancia conveniente a partir de la vista 1. Transfiera las distancias medidas a partir de la línea de pliegue H/1 para localizar todos los puntos de la vista 2. Por ejemplo, transfiera la distancia b para localizar los puntos 4 y 5 a partir de la línea de pliegue 1/2. Conecte los puntos para dibujar el objeto y determinar la visibilidad. La esquina más cercana (11) en la vista 2 será visible, la más lejana (1) estará oculta, como la figura lo muestra.

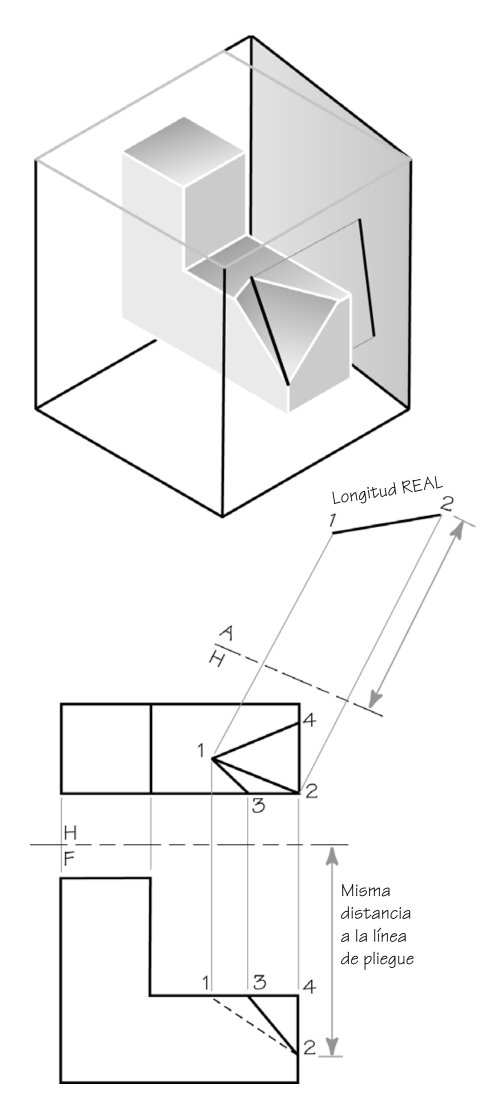
Para dibujar las vistas 3, 4 y sucesivas utilice un procedimiento similar. Recuerde utilizar la secuencia correcta de las tres vistas.

8.15 ■ USOS DE LAS VISTAS AUXILIARES

Por lo general, las vistas auxiliares se utilizan para mostrar la forma verdadera o el ángulo real de elementos que aparecen distorsionados en las vistas regulares. A menudo, las vistas auxiliares se usan para producir vistas que muestran lo siguiente:

1. Longitud real de una línea.
2. Vista de punto de una línea.
3. Vista del borde de un plano.
4. Tamaño real de un plano.

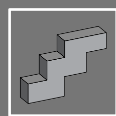
La capacidad de generar vistas de los elementos específicos listados puede usarse para resolver una gran variedad de problemas de ingeniería. El término que define el uso de dibujos precisos en la resolución de problemas de ingeniería es *geometría descriptiva*. Cuando se entienden las cuatro vistas básicas de la geometría descriptiva, es posible utilizar la base de datos de un dibujo preciso de CAD para resolver muchos problemas de ingeniería. A menudo es posible modelar con precisión objetos mediante CAD tridimensional; asimismo, se puede localizar longitudes y ángulos en la base de datos del dibujo. No obstante, casi siempre será necesario usar las técnicas descritas a continuación para producir vistas que ayudarán a visualizar, crear o desplegar dibujos geométricos tridimensionales.



■ **FIGURA 8.13** ■ Longitud verdadera de una línea.

8.16 ■ LONGITUD REAL DE UNA LÍNEA

Como la figura 8.13 lo muestra, una línea presentará su longitud real en un plano de proyección que sea paralelo a la línea. En otras palabras, una línea mostrará su longitud verdadera en una vista auxiliar donde la dirección de mirada sea perpendicular a la línea. Para mostrar la longitud real de una línea, trace la línea de pliegue paralelamente a la línea de la que se desea obtener la longitud real en una vista auxiliar. Siempre que una línea sea paralela a la línea de pliegue entre dos vistas, ésta mostrará su longitud real en la vista adyacente.

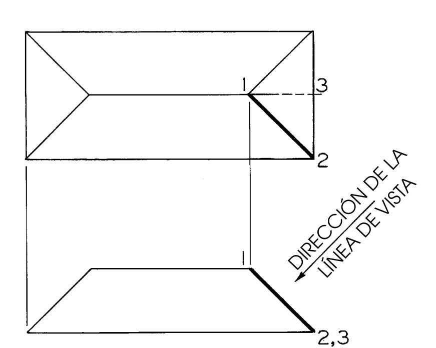


Paso a paso 8.3

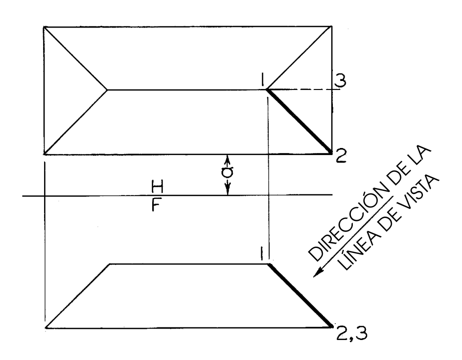
Presentación de la longitud verdadera de una lima tesa

Se presentan las vistas superior y frontal de la lima tesa (línea 1-2). Use una vista auxiliar para mostrar la longitud verdadera de la línea.

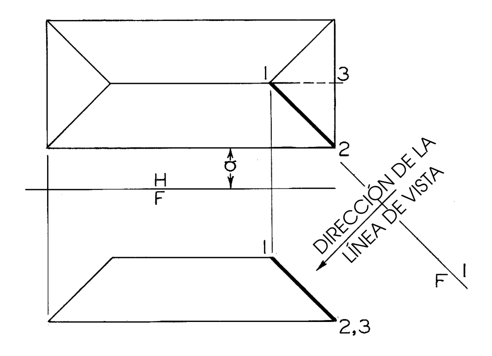
1. Elija la dirección de mirada perpendicular a la línea 1-2 (vista frontal).



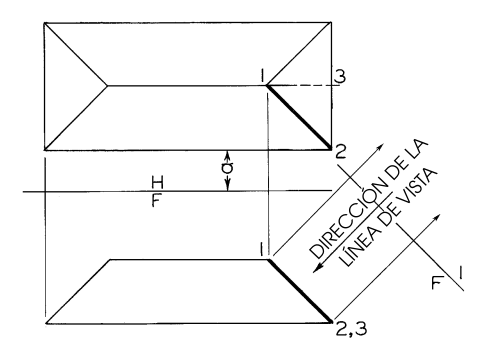
2. Dibuje la línea de pliegue H/F entre la vista superior y frontal, como se muestra en la figura.



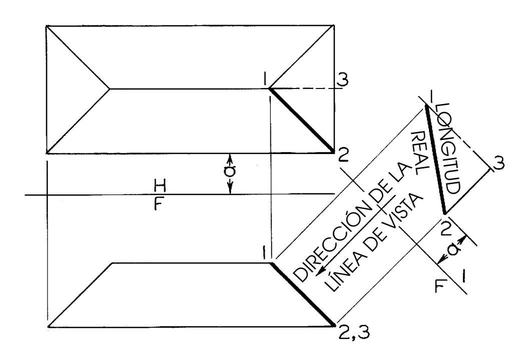
3. Dibuje la línea de pliegue F/1 paralela a la línea 1-2 y a una distancia conveniente de dicha línea (vista frontal).

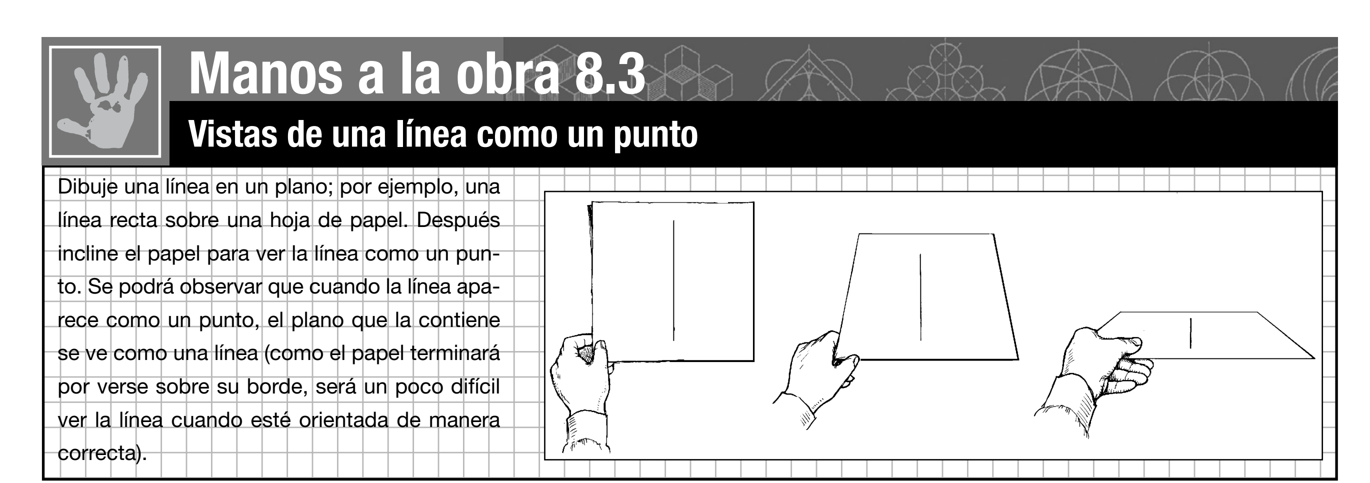


4. Dibuje líneas de proyección desde los puntos 1, 2 y 3 para comenzar a crear la vista auxiliar.



5. Transfiera los puntos 1 y 2 a la vista auxiliar a la misma distancia de la línea de pliegue que la de la vista superior, y a lo largo de sus líneas de proyección respectivas. La lima tesa (línea 1-2) se muestra a longitud real en la vista auxiliar. También, el triángulo 1-2-3 en la vista auxiliar muestra su tamaño y forma verdaderos como una porción del techo porque la dirección de visibilidad para la vista auxiliar es perpendicular al triángulo 1-2-3.





Manos a la obra 8.3

Vistas de una línea como un punto

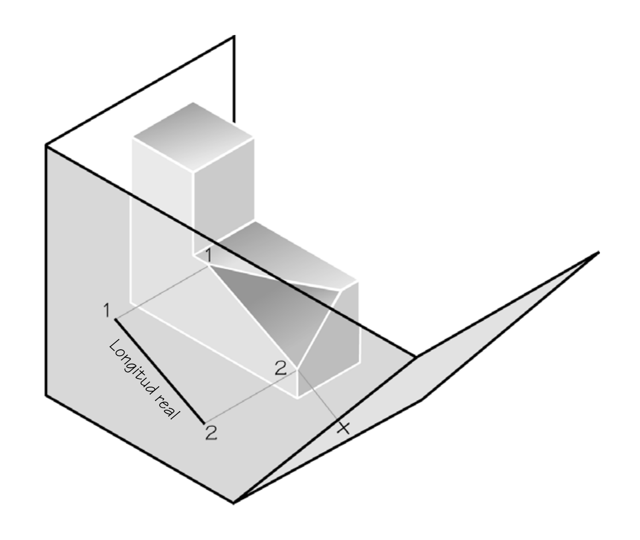
Dibuje una línea en un plano; por ejemplo, una línea recta sobre una hoja de papel. Después incline el papel para ver la línea como un punto. Se podrá observar que cuando la línea aparece como un punto, el plano que la contiene se ve como una línea (como el papel terminará por verse sobre su borde, será un poco difícil ver la línea cuando esté orientada de manera correcta).

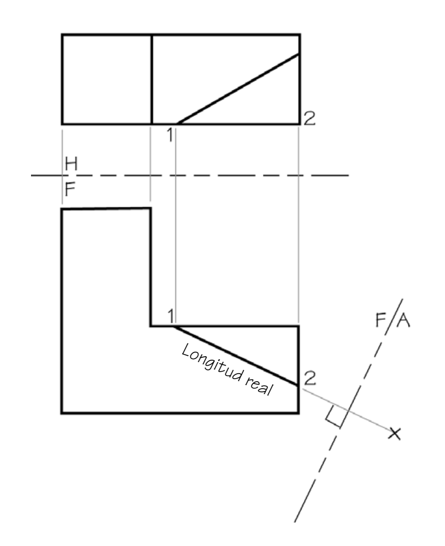
8.17 ■ VISTA DE PUNTO DE UNA LÍNEA

Como la figura 8.14 lo ilustra, una línea se muestra como un punto cuando se proyecta a un plano perpendicular a ésta. Para mostrar la vista de punto de una línea, elija la dirección de vista paralela a la línea donde tiene su longitud real.

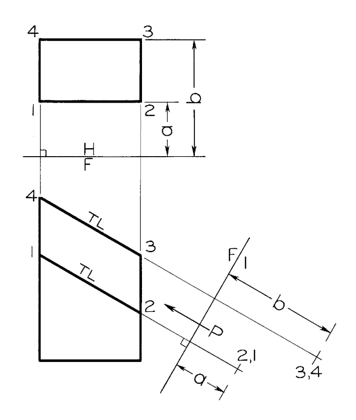
Observe la figura 8.15 para seguir los pasos descritos a continuación:

1. Elija la dirección de vista paralela a la línea 1-2.
2. Dibuje la línea de pliegue H/F entre las vistas superior y frontal como se muestra en la figura.
3. Dibuje la línea de pliegue F/1 perpendicular a la línea 1-2 en su longitud verdadera y a una distancia conveniente de dicha línea (vista frontal).
4. Dibuje líneas de proyección desde los puntos 1 y 2 para comenzar a crear la vista auxiliar.
5. Transfiera los puntos 1 y 2 a la vista auxiliar con la misma distancia a la línea de pliegue que la que tienen en la vista superior y a lo largo de sus líneas de proyección respectivas. Se alinearán exactamente entre sí para formar una vista de punto de la línea.





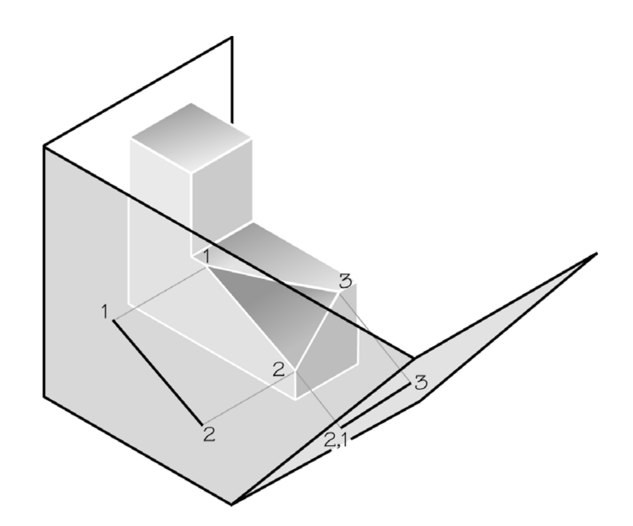
■ **FIGURA 8.14** ■ Vista de punto de una línea.

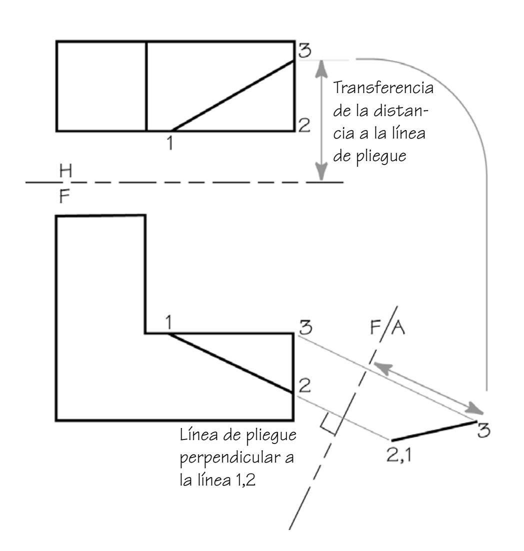


■ **FIGURA 8.15** ■ Vista de punto de una línea.

8.18 ■ VISTA DEL BORDE DE UN PLANO

Como la figura 8.16 lo muestra, un plano se verá como borde en un plano de proyección que muestre una vista de punto de cualquier línea que pertenezca por completo al plano. Para obtener la vista de punto de una línea, la dirección de mirada debe ser paralela a la línea donde se muestra su longitud verdadera. Para mostrar la vista del borde de un plano, elija la dirección de visibilidad paralela a una línea con longitud real que pertenezca al plano.





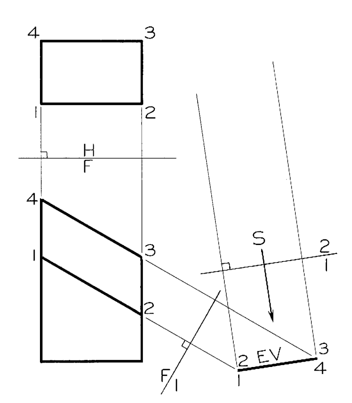
■ **FIGURA 8.16** ■ Vista del borde de un plano.

Observe la figura 8.17 para seguir los pasos descritos a continuación:

1. Elija la dirección de visibilidad paralela a la línea 1-2 en la vista frontal donde ya se muestra en su longitud real.
2. Dibuje la línea de pliegue H/F entre las vistas superior y frontal, como se muestra en la figura.
3. Dibuje la línea de pliegue F/1 perpendicular a la línea en tamaño real 1-2 y a cualquier distancia conveniente.
4. Dibuje líneas de proyección desde los puntos 1, 2, 3 y 4 para comenzar a crear la vista auxiliar.
5. Transfiera los puntos 1, 2, 3 y 4 hacia la vista auxiliar a la misma distancia de la línea de pliegue que la que existe en la vista superior y a lo largo de sus respectivas líneas de proyección. El plano 1-2-3-4 aparecerá sobre su borde en la vista auxiliar terminada.

8.19 ■ TAMAÑO REAL DE UNA SUPERFICIE OBLICUA

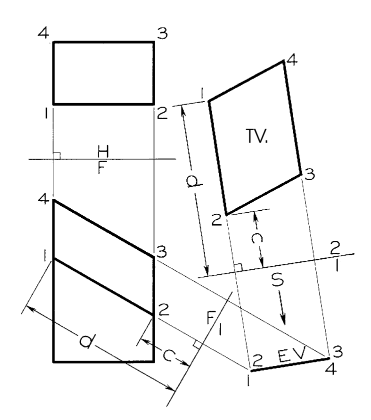
Como la figura 8.18 lo ilustra, un plano se mostrará a tamaño verdadero cuando el plano de proyección sea paralelo a éste. *Para mostrar la vista a tamaño real de un plano, elija la dirección de observación perpendicular a la vista del borde de un plano.* Ya se ha practicado la presentación de superficies inclinadas a tamaño real mediante este método donde la vista sobre el borde ya está dada. Pero para mostrar una superficie oblicua a tamaño verdadero es necesario construir una segunda vista auxiliar.



■ **FIGURA 8.17** ■ Vista del borde de una superficie.

Para mostrar la forma y el tamaño verdaderos de una superficie oblicua, como la superficie 1-2-3-4 de la figura 8.18, debe crearse una segunda vista auxiliar. En este ejemplo se usan líneas de pliegue, pero pueden obtenerse los mismos resultados para todos los ejemplos anteriores mediante el uso de líneas de referencia.

1. Dibuje la vista auxiliar que muestre la superficie 1-2-3-4 sobre el borde, como se explicó previamente.
2. Elabore una segunda vista auxiliar con la línea de vista perpendicular a la vista del borde del plano 1-2-3-4 en la vista auxiliar primaria. Proyecte líneas paralelas a la flecha. Dibuje la línea de pliegue 1/2 perpendicular a estas líneas de proyección a una distancia conveniente de la vista auxiliar primaria.
3. Dibuje la vista auxiliar secundaria. Transfiera la distancia a cada punto desde la línea de pliegue F/1 hasta la segunda vista auxiliar; por ejemplo las dimensiones c y d. El tamaño verdadero TV de la superficie 1-2-3-4 se muestra en la vista auxiliar secundaria puesto que la dirección de mirada es perpendicular a ésta.



■ **FIGURA 8.18** ■ Tamaño verdadero de una superficie oblicua.

8.20 ■ ÁNGULOS DIÉDRICOS

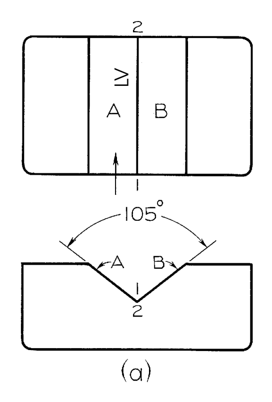
El ángulo entre dos planos se llama un ***ángulo diédrico***. A menudo, las vistas necesitan dibujarse para mostrar ángulos diédricos a tamaño real, principalmente con fines de dimensionamiento. La figura 8.19a muestra un bloque con una muesca en forma de V donde el ángulo diédrico entre las superficies inclinadas A y B se observa a tamaño real en la vista frontal.

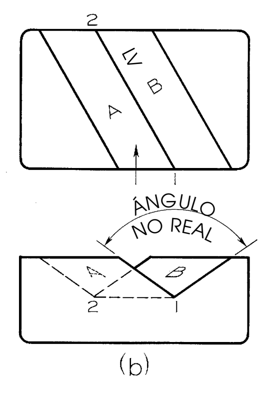
En la figura 8.19b, la muesca en V del bloque forma un ángulo con la superficie frontal, de manera que no se muestra el ángulo diédrico verdadero. Suponga que el ángulo real es el mismo que en la figura 8.19a, ¿el ángulo se muestra más grande o más pequeño que en la figura 8.19a? Para mostrar el ángulo diédrico verdadero, la línea de intersección (en este caso 1-2) debe aparecer como un punto. Como la línea de intersección para el ángulo diédrico está en ambos planos, al mostrarlo como un punto se producirá una vista que presenta a los dos planos sobre su borde. Esto proporcionará la vista a tamaño real del ángulo diédrico.

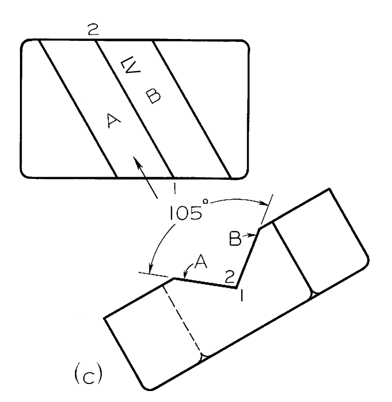
En la figura 8.19a, la línea 1-2 es la línea de intersección de los planos A y B. La línea 1-2 pertenece a los dos planos al mismo tiempo; por lo tanto, una vista de punto de esta línea mostrará ambos planos como líneas, y el ángulo entre ellos es el ángulo diédrico entre los planos. *Para obtener el ángulo real entre dos planos, debe encontrar la vista de punto de la línea en la que se intersecan dichos planos.*

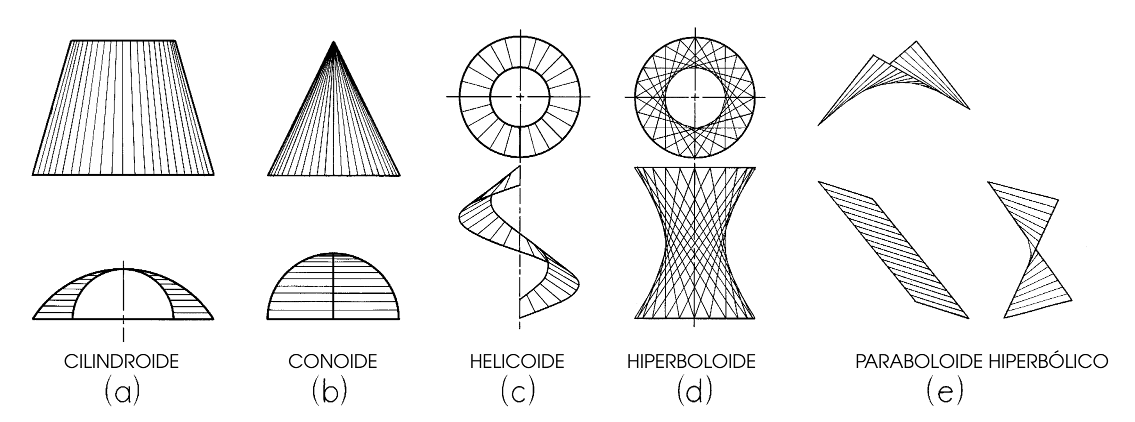
En la figura 8.19c, la dirección de observación es paralela a la línea 1-2 de forma que, en la vista auxiliar, la línea 1-2 aparece como un punto, los planos A y B se ven como líneas y el ángulo diédrico se muestra a tamaño verdadero.

■ **FIGURA 8.19** ■ Ángulos diédricos.









■ **FIGURA 8.20** ■ Superficies torcidas.

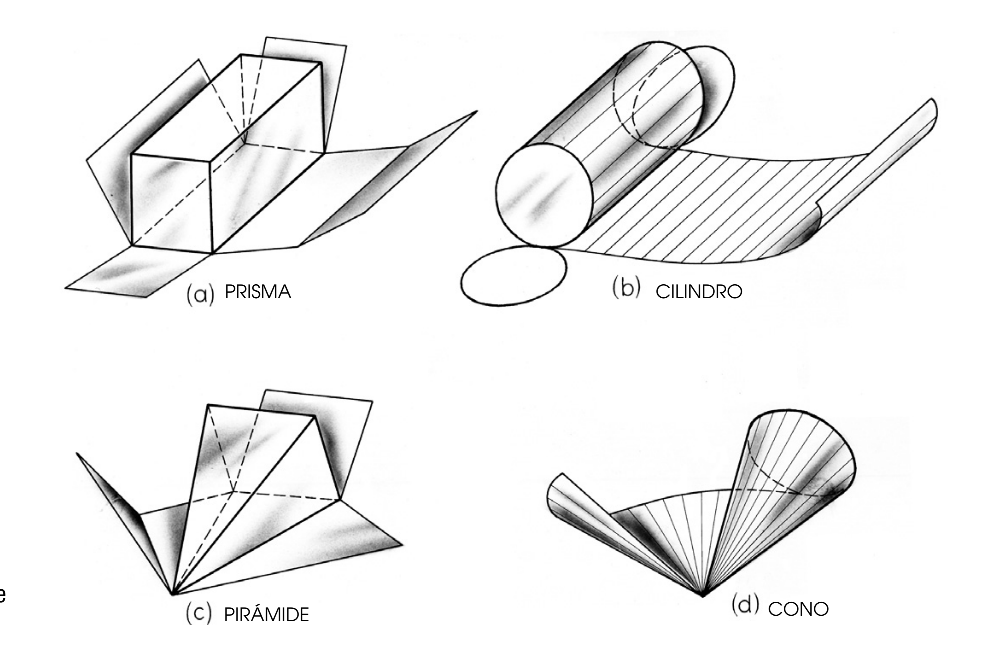
8.21 ■ DESARROLLOS E INTERSECCIONES

Un ***desarrollo*** es una representación plana o un patrón que cuando se pliega crea un objeto tridimensional. Una ***intersección*** es el resultado de dos objetos que se intersecan. La aplicación más común para los desarrollos e intersecciones es la construcción con lámina metálica. El desarrollo de superficies, como los que se encuentran en la fabricación con lámina metálica, es un patrón plano que representa la superficie de la forma desplegada o extendida. El patrón plano resultante proporciona el tamaño real de cada área conectada en la forma para que la parte o estructura pueda fabricarse. Las vistas auxiliares son una herramienta fundamental usada en la creación de desarrollos. Existen muchos paquetes de software especializado para automatizar la creación de desarrollos e intersecciones. También es posible aplicar lo aprendido acerca de las vistas auxiliares para crear desarrollos e intersecciones mediante el uso de un sistema CAD.

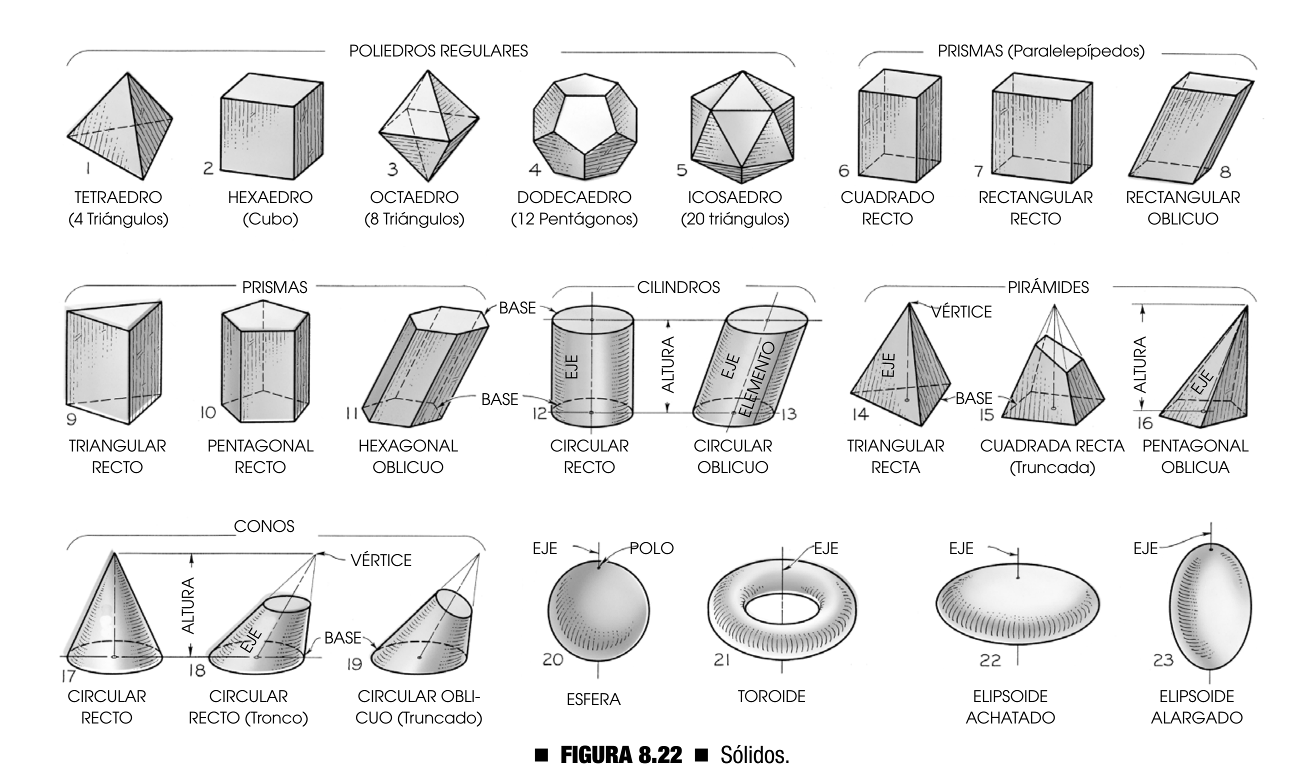
8.22 ■ TERMINOLOGÍA

La siguiente terminología describe objetos y conceptos usados en el manejo de desarrollos e intersecciones:

Una ***superficie rayada*** es aquella que puede generarse al barrer una línea recta, llamada ***generatriz***, a lo largo de una ruta, que puede ser recta o curva. Cualquier posición de la generatriz es un ***elemento*** de la superficie. Una superficie rayada puede ser un plano, una superficie de una sola curva o una superficie torcida.



■ **FIGURA 8.21** ■ Desarrollo de superficies.



■ **FIGURA 8.22** ■ Sólidos.

Un ***plano*** es una superficie rayada generada por una línea, donde uno de sus puntos se mueve a lo largo de una trayectoria recta mientras la generatriz permanece paralela a su posición original. Muchos sólidos geométricos están delimitados por superficies planas.

Una ***superficie de una sola curva*** es una superficie rayada desarrollable; esto es, puede desplegarse para coincidir con un plano cualesquiera. Dos posiciones adyacentes de la generatriz pertenecen al mismo plano. Dos ejemplos son el cilindro y el cono.

Una ***superficie torcida*** es una superficie rayada que no es desarrollable; la figura 8.20 muestra algunos ejemplos. Ningún par de posiciones adyacentes de la generatriz pertenecen a un mismo plano recto. Las superficies torcidas no pueden desplegarse o extenderse para volverse planas. Muchas superficies exteriores en un avión o automóvil son superficies torcidas.

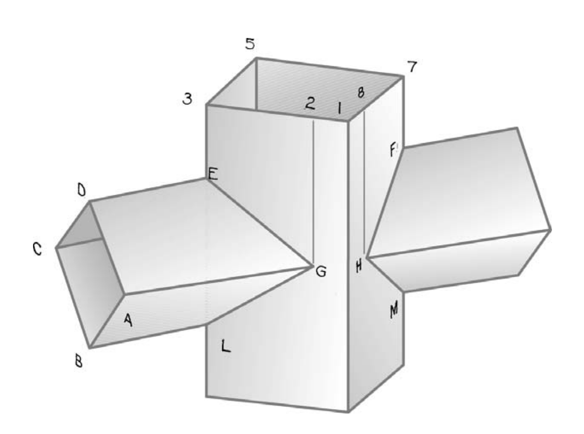
Una ***superficie doblemente curva*** es generada por una línea curva que no tiene elementos en línea recta. Una superficie generada por una línea curva en revolución alrededor de una línea recta en el plano de la curva se llama ***superficie doblemente curva en revolución***. Algunos ejemplos comunes son la esfera, el ***toroide***, el ***elipsoide*** y el ***hiperboloide***.

Una ***superficie desarrollable*** puede desplegarse o extenderse hasta ser plana. Las superficies compuestas por superficies de una sola curva, por planos o por combinaciones de estos tipos son desarrollables. Las superficies torcidas y las superficies doblemente curvas no son desarrollables en forma directa, pero pueden desarrollarse al aproximar su forma mediante el uso de superficies desarrollables. Si el material usado en la fabricación real es suficientemente flexible, las hojas planas pueden estirarse, presionarse, estamparse, martillarse o forzarse de alguna otra forma para adquirir la forma deseada. A menudo, las superficies no desarrollables son producidas por una combinación de superficies desarrollables a las cuales se les manipula para producir la forma requerida. La figura 8.21 muestra ejemplos de superficies desarrollables.

8.23 ■ SÓLIDOS

Los ***poliedros*** son sólidos delimitados completamente por superficies planas; por ejemplo, cubos, pirámides y prismas. Los sólidos convexos son aquellos que no se pliegan sobre sí mismos; en otras palabras no tienen concavidades. Los sólidos convexos con todas sus caras iguales se llaman poliedros regulares. La figura 8.22 presenta ejemplos de sólidos regulares. Las superficies planas que delimitan los poliedros se llaman caras; las líneas de intersección de las caras son sus vértices .

Un sólido generado por la revolución de una figura plana alrededor de un eje en el plano de la figura es un ***sólido de revolución***. El grupo de sólidos delimitados por superficies torcidas no tiene un nombre. El ejemplo más común de este tipo de sólidos es la rosca de los tornillos.



■ **FIGURA 8.23** ■ Prismas intersecantes.

8.24 ■ PRINCIPIOS DE LAS INTERSECCIONES

Cuando se presenta la necesidad de un dibujo preciso de intersecciones de planos y sólidos, se trata de representar el corte de aberturas en superficies de techos para húmeros de teja, lámina acanalada o chimeneas; otros casos frecuentes son las superficies de paredes para tubos, canaletas, etcétera, y la construcción de estructuras de láminas metálicas como tanques y calderas. En tales casos, generalmente es necesario determinar el tamaño real de la intersección de un plano y uno de los sólidos más comunes. La figura 8.23 muestra un ejemplo donde se necesitaría determinar la intersección de un sólido y un plano para crear la abertura correctamente formada en el prisma vertical (el humero principal) donde el prisma horizontal se le une.

Para los sólidos delimitados por superficies planas, sólo es necesario encontrar los puntos de intersección de los bordes del sólido con el plano y unir esos puntos con líneas rectas y en orden consecutivo.

Para los sólidos delimitados por superficies curvas, es necesario encontrar los puntos de intersección de algunos elementos del sólido con el plano y trazar una curva suave a través de esos puntos. La intersección de un plano y un cono circular se llama una ***sección cónica***. La figura 8.24 muestra algunas secciones cónicas típicas.

8.25 ■ DESARROLLOS

En el desarrollo de una superficie, dicha superficie descansa sobre un plano. Algunas aplicaciones prácticas de los desarrollos son trabajos con láminas metálicas, cortes de rocas, elaboración de patrones, embalaje y diseños de envolturas y embalajes.

Las superficies de una sola curva y las de poliedros pueden desarrollarse; los desarrollos para superficies torcidas y superficies doblemente curvas sólo pueden aproximarse.

En los esquemas para trabajos en lámina metálica es necesario considerar el tipo de material para los dobleces y uniones. Si el material es pesado, el grosor puede ser un factor a considerar y la aglomeración de metal en las flexiones debe tomarse en cuenta. También debe considerarse la existencia de material y hacer esquemas que permitan economizar el uso de material y el trabajo. Al preparar desarrollos, lo mejor es colocar la unión en el borde más corto y pegar las bases en los bordes donde éstas se ajustan; con esto se economizará la soldadura y el bordeado.

Una práctica común es dibujar esquemas de desarrollo con las *superficies interiores hacia arriba*. De esta forma, todas las líneas de pliegue y otras marcas están relacionadas en forma directa con las dimensiones interiores, que son importantes en todos los ductos, tuberías, tanques y otros recipientes. En esta posición resultan muy convenientes para ser utilizados en los talleres de manufactura y producción.

8.26 ■ DOBLECES Y JUNTAS PARA LÁMINA METÁLICA Y OTROS MATERIALES

La figura 8.25 muestra una amplia variedad de dobleces y juntas usadas en la fabricación de partes de lámina metálica y otros artículos. Los dobleces se usan para eliminar el borde original así como para dotar de resistencia al material. Las juntas y uniones pueden hacerse mediante dobleces, soldaduras o bordes en láminas; en materiales de envoltura y embalaje, se recurre a operaciones de pegado y engrapado.

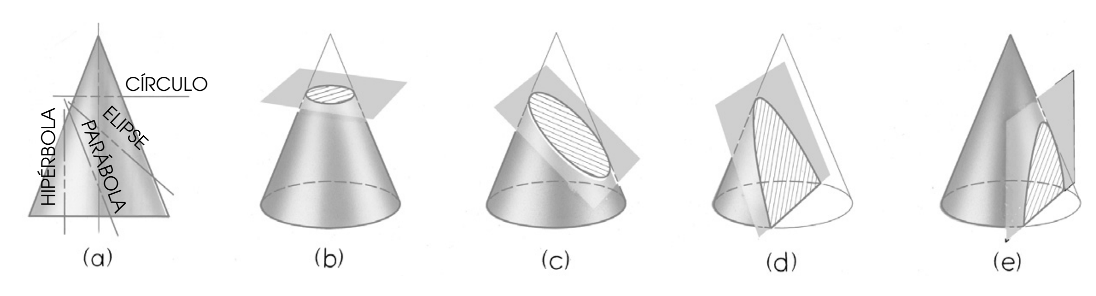
Cuando se representan dobleces y juntas, debe agregarse material al esquema o desarrollo. Dicha cantidad depende del grosor del material y del equipamiento para la producción. Una buena forma de encontrar más información es hablar con los fabricantes. Esto puede ser muy útil para identificar especificaciones relacionadas con el proceso exacto utilizado para diseñar una parte.



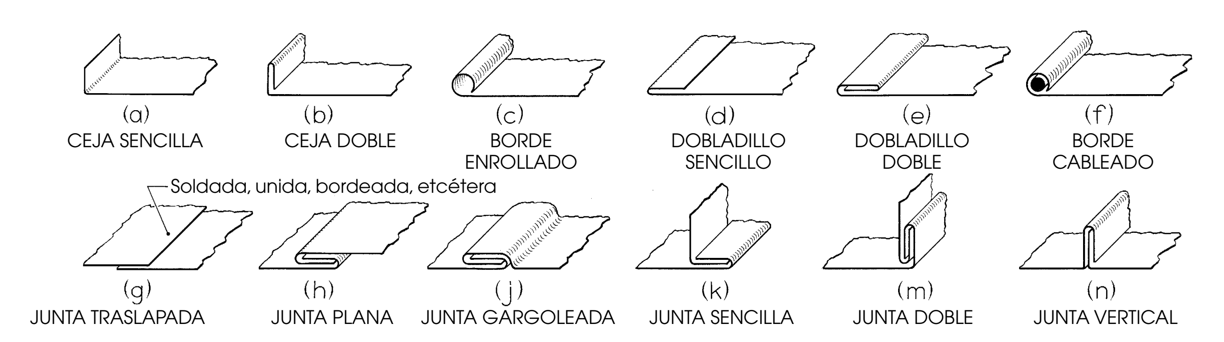
Una buena forma de localizar fabricantes y productos es a través del registro en línea Thomas:
http://www.thomasregister.com/index.html

8.27 ■ LOCALIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN DE UN PLANO Y UN PRISMA, Y DESARROLLO DEL PRISMA

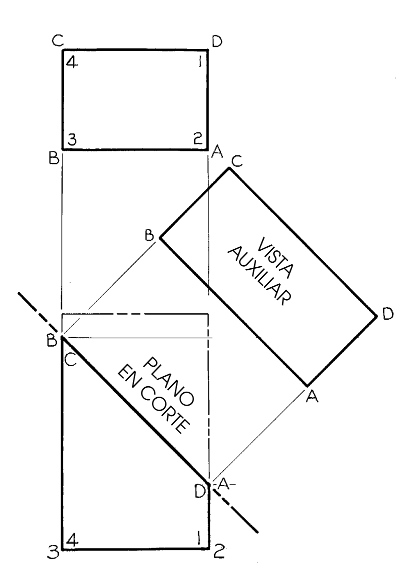
En la vista auxiliar de la figura 8.26 se muestra el tamaño y forma real de la intersección de un plano y un prisma. La longitud AB es la misma que AB en la vista frontal, y la anchura AD es la misma que AD en la vista superior.



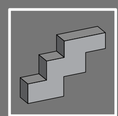
■ **FIGURA 8.24** ■ Secciones cónicas.



■ **FIGURA 8.25** ■ Dobleces y juntas de lámina metálica.



■ **FIGURA 8.26** ■ Vista auxiliar para mostrar el tamaño y la forma verdaderos de la intersección de un plano y un prisma.

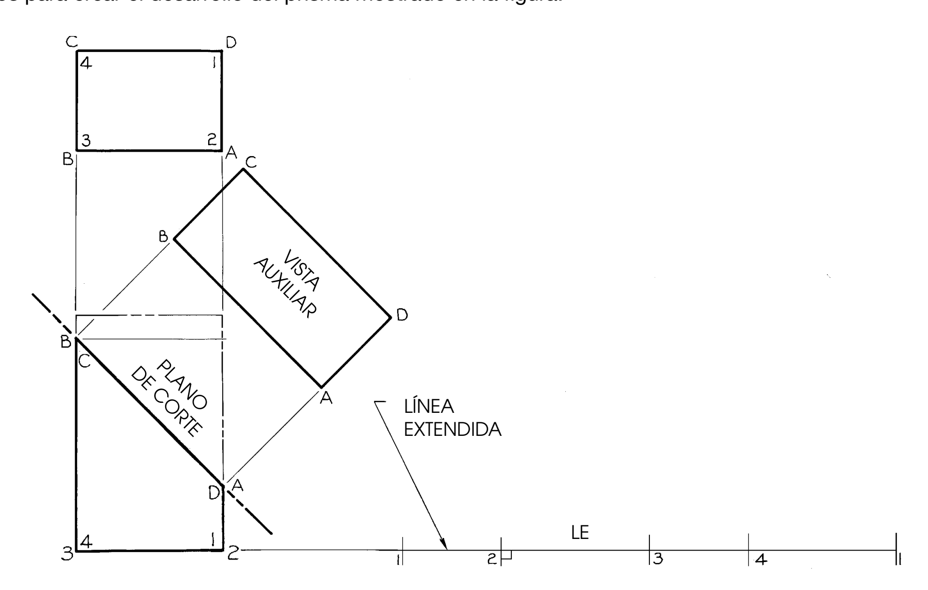


Paso a paso 8.4

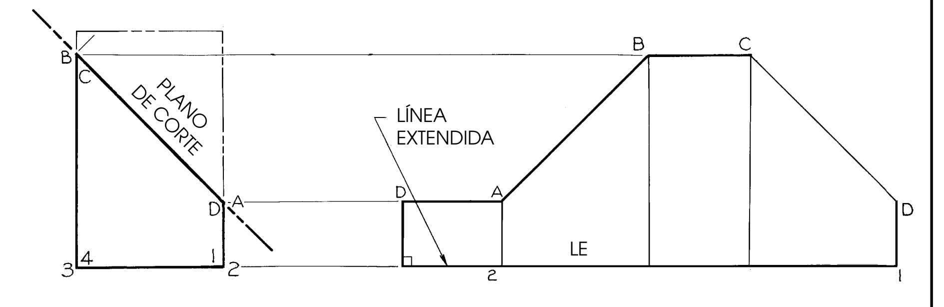
Desarrollo de un prisma

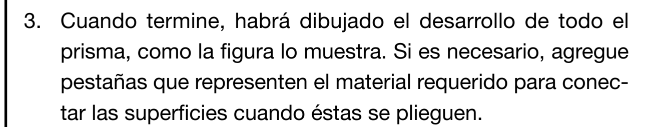
A continuación se presentan los pasos para crear el desarrollo del prisma mostrado en la figura:

1. Dibuje la línea extendida, que representa el eje a lo largo del cual se despliega o desenrolla la parte. Sobre la línea extendida, transfiera los tamaños reales de las caras 1-2 y 2-3, las cuales se muestran en su longitud verdadera en la vista superior. Recuerde que una línea aparece en su longitud real cuando la vista es perpendicular a la línea; en otras palabras, cuando una línea es paralela a la línea de pliegue entre las vistas, la línea tiene longitud verdadera en la vista adyacente.

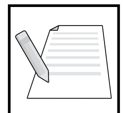


2. En el sitio donde se unen dos superficies, dibuje perpendiculares a la línea extendida y transfiera la altura de cada borde respectivo. En este caso, la vista frontal muestra las alturas reales. Proyecte las alturas a partir de la vista frontal, como se muestra en la figura. Termine el desarrollo de estas superficies mediante el uso de líneas rectas para unir los puntos que se han graficado. Identifique otras superficies que están conectadas a las primeras y una sus tamaños al desarrollo de la base inferior y superior. Use una vista auxiliar para encontrar el tamaño de la superficie y después dibújela en su lugar.

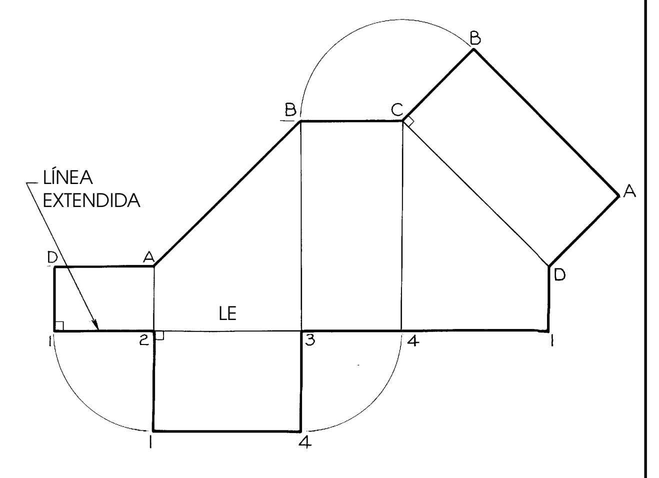


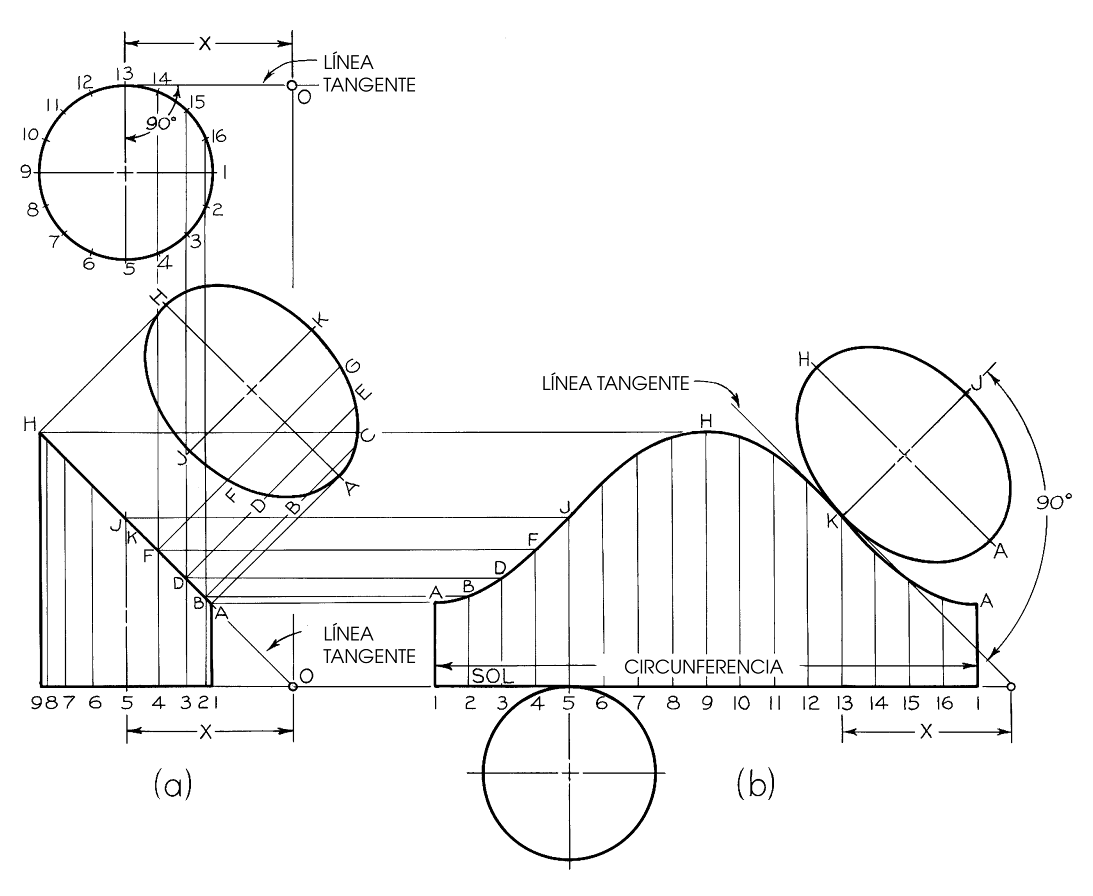


3. Cuando termine, habrá dibujado el desarrollo de todo el prisma, como la figura lo muestra. Si es necesario, agregue pestañas que representen el material requerido para conectar las superficies cuando éstas se plieguen.



Encuentre la hoja de trabajo 8.2 en la sección de hojas desprendibles y corte el desarrollo del prisma. Dóblelo de acuerdo con las instrucciones y utilícelo para visualizar este desarrollo.



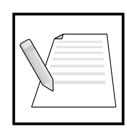


■ **FIGURA 8.27** ■ Plano y cilindro.

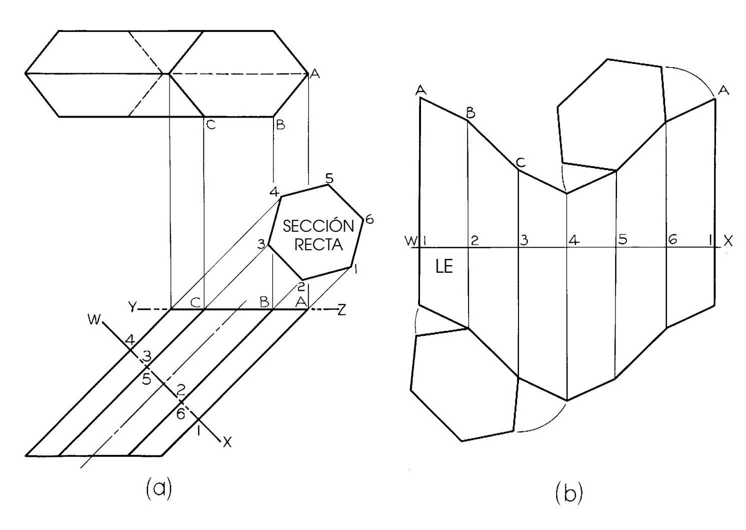
8.28 ■ LOCALIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN DE UN PLANO, UN CILINDRO, Y DESARROLLO DEL CILINDRO

La intersección de un plano y un cilindro es una elipse cuyo tamaño verdadero se muestra en la vista auxiliar de la figura 8.27. Los pasos para desarrollar un cilindro son los siguientes:

1. Dibuje los elementos del cilindro. Por lo general, es mejor dividir la base del cilindro en partes iguales, mostradas en la vista superior y después proyectadas a la vista frontal.
2. En la vista auxiliar, las anchuras BC, DE, etcétera, se transfieren desde la vista superior en 2-16 y 3-15 respectivamente, y la elipse se dibuja a través de estos puntos, como se practicó con anterioridad en este capítulo. El eje mayor AH muestra la longitud en la vista frontal, y el eje menor JK muestra su longitud verdadera en la vista superior. Esta información puede usarse para dibujar con rapidez la elipse mediante el uso de CAD.
3. Dibuje la ***línea extendida*** para el cilindro. Será igual a la circunferencia de la base, cuya longitud está determinada por la fórmula $C = \pi d$ (donde d = diámetro y $\pi = 3.1416$).
4. Divida la línea extendida en el mismo número de partes iguales que la circunferencia de la base y dibuje un elemento a través de cada división perpendicular a la línea.
5. Transfiera la altura real al proyectarla desde la vista frontal, como se muestra en la figura.
6. Dibuje una curva suave a través de los puntos A, B, D y sucesivos.
7. Dibuje las líneas tangentes y una las bases como se muestra en la figura.



Encuentre la hoja de trabajo 8.3 en la sección de hojas desprendibles. Dóblela de acuerdo con las instrucciones y úsela para ayudar a analizar el desarrollo de un cilindro.



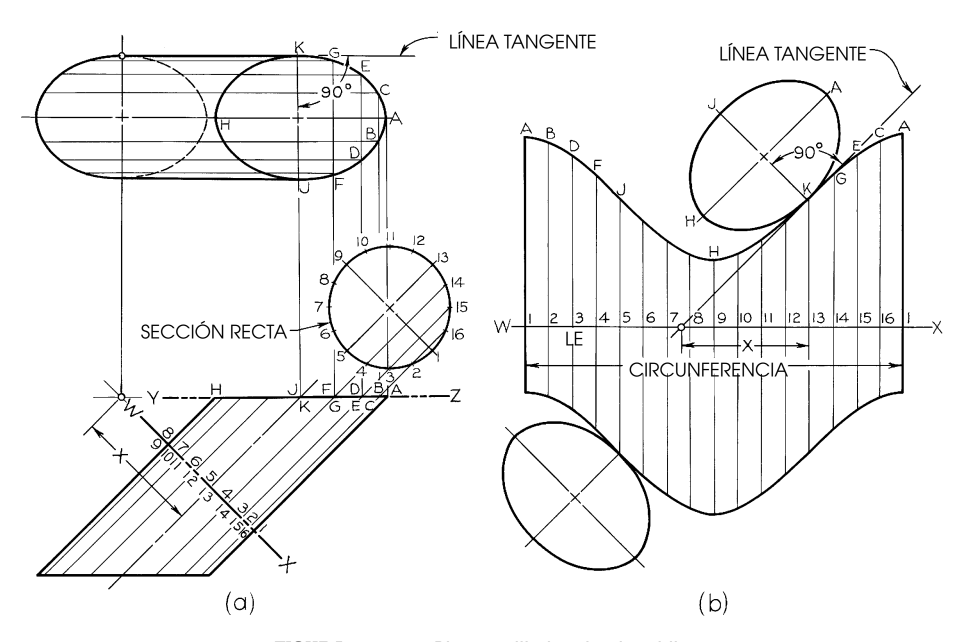
■ **FIGURA 8.28** ■ Plano y prisma oblicuo.

8.29 ■ MÁS EJEMPLOS DE DESARROLLOS E INTERSECCIONES

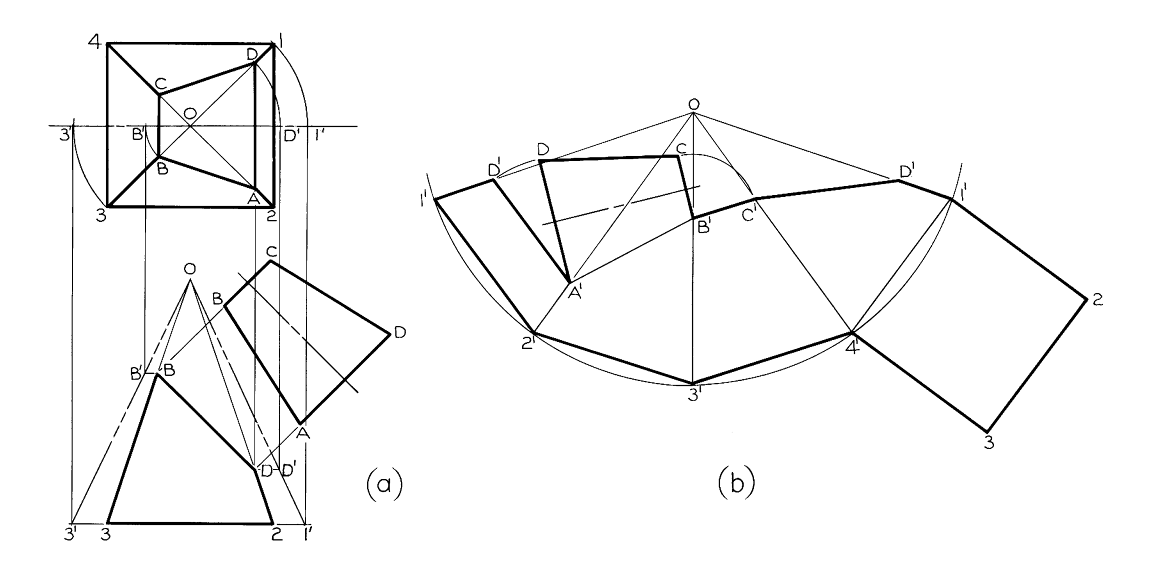
OBTENCIÓN DE UN PLANO Y UN PRISMA OBLICUO Y DESARROLLO DEL PRISMA La figura 8.28a muestra la intersección de un plano y un prisma oblicuo. En el sitio donde el plano es normal al prisma formado por el plano WX (llamada una sección recta) aparece como un hexágono regular, como se muestra en la vista auxiliar con la etiqueta SECCIÓN RECTA. La sección oblicua cortada por el plano horizontal YZ se muestra a tamaño verdadero en la vista superior.

La figura 8.28b muestra el desarrollo para este prisma oblicuo. Utilice la sección recta para crear la línea extendida WX. Sobre la línea extendida, establezca las anchuras verdaderas de las caras 1-2, 2-3 y sucesivas, las cuales se muestran a tamaño verdadero en la vista auxiliar. Dibuje perpendiculares a través de cada división. Transfiera las alturas verdaderas de los bordes respectivos, las cuales se muestran a tamaño real en la vista frontal. Una los puntos A, B, C y sucesivos con líneas rectas. Por último una las bases, las cuales se muestran en sus tamaños verdaderos en la vista superior, a lo largo de un borde.

DESARROLLO DE UN PLANO Y UN CILINDRO OBLICUO La intersección de un plano y un cilindro oblicuo se desarrollan en forma similar, como la figura 8.29 lo muestra.



■ **FIGURA 8.29** ■ Plano y cilindro circular oblicuo.

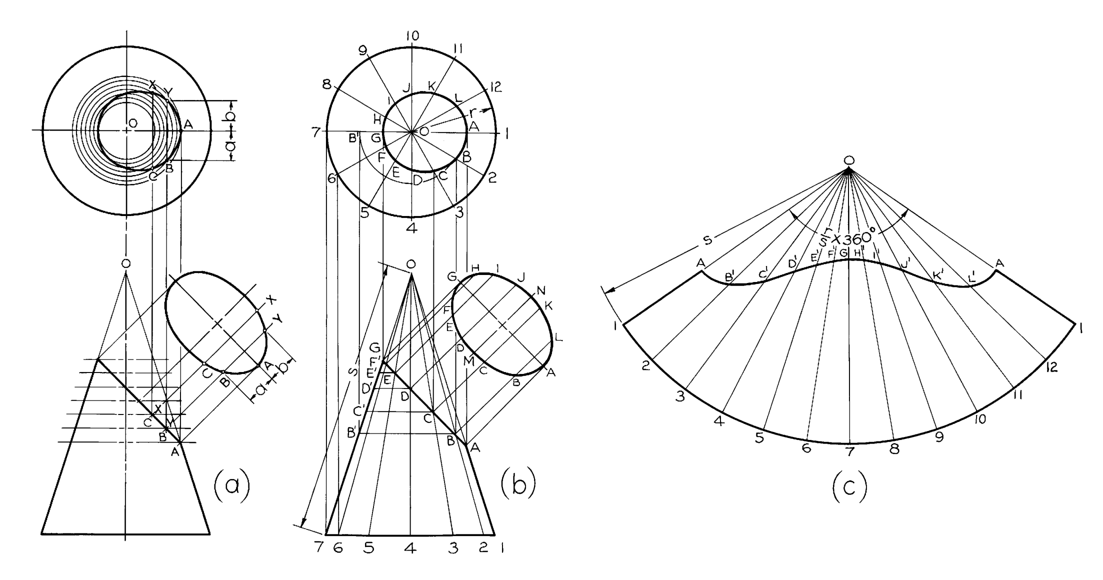


■ **FIGURA 8.30** ■ Plano y pirámide.

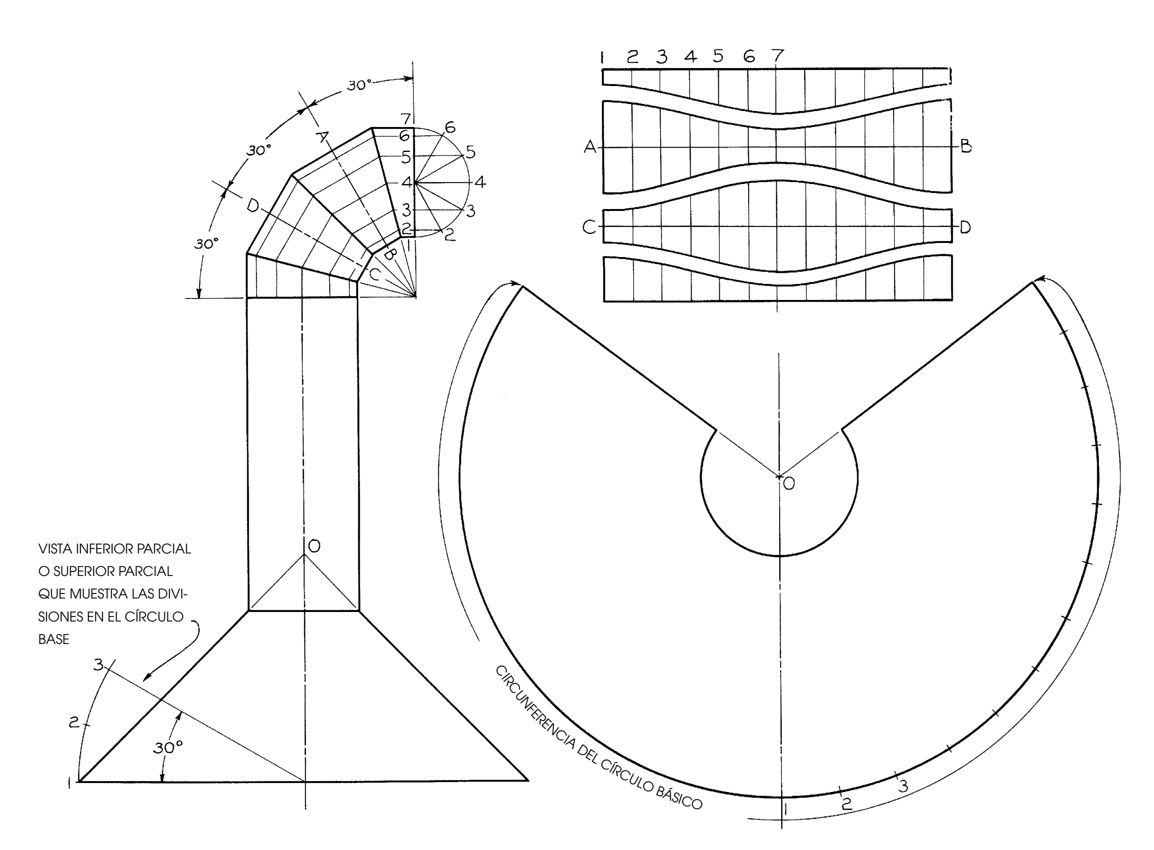
LA INTERSECCIÓN DE UN PLANO, UNA PIRÁMIDE Y EL DESARROLLO RESULTANTE La intersección de un plano y una pirámide es un trapezoide, como la figura 8.30 lo muestra.

LA INTERSECCIÓN DE UN PLANO Y UN CONO Y EL DESARROLLO RESULTANTE La intersección de un plano y un cono es una elipse, como la figura 8.31 lo muestra. Si se pasa una serie de cortes horizontales perpendiculares al eje, como se muestra en la figura, cada plano cortará un círculo del cono que mostrará su tamaño y forma en la vista superior. Los puntos en los que estos círculos se intersecan con el plano cortante original son puntos sobre la elipse. Como el plano en corte se muestra sobre su borde en la vista frontal, todos estos puntos de perforación pueden proyectarse desde ahí hasta los otros, como se muestra en la figura.

Para el desarrollo de la superficie lateral de un cono, éste puede considerarse como una pirámide con un número infinito de aristas. El desarrollo es similar al de la pirámide.



■ **FIGURA 8.31** ■ Plano y cono.



■ **FIGURA 8.32** ■ Un toldo y un techo.

EL DESARROLLO DE UN TOLDO Y UN TECHO La figura 8.32 muestra el desarrollo de un toldo y un techo. Como el toldo es una superficie cónica, debe desarrollarse como se mostró con anterioridad. Las dos secciones finales del codo son superficies cilíndricas, pero sus bases no son perpendiculares a los ejes; no se desarrollarán en líneas rectas. Desarróllelas de manera similar a un cilindro oblicuo. Haga los planos auxiliares AB y DC perpendiculares a los ejes, de manera que corten secciones rectas de los cilindros, los cuales se desarrollarán en las líneas rectas AB y CD. Al ordenar los desarrollos como se muestra en la figura, el codo puede construirse a partir de una lámina metálica rectangular sin gastar material. Los patrones se muestran por separado después de cortarlos.

8.30 ■ PIEZAS DE TRANSICIÓN

Una pieza de transición es aquella que conecta dos aberturas con diferente forma, diferente tamaño o posiciones sesgadas. En la mayoría de los casos, las piezas de transición se componen de superficies planas y superficies cónicas (figura 8.33). A continuación se profundizará en el desarrollo de superficies cónicas por triangulación. La triangulación también puede usarse para desarrollar, en forma aproximada, ciertas superficies torcidas. Las piezas de transición se usan de manera extensa en aire acondicionado, calentadores, ventiladores y construcciones similares.

8.31 ■ TRIANGULACIÓN

La ***triangulación*** es simplemente un método para dividir una superficie en un número de triángulos y transferirlos al desarrollo. Para encontrar el desarrollo de un cono oblicuo por triangulación, divida la base del cono en la vista superior en cualquier número de partes iguales y dibuje un elemento en cada punto de división (figura 8.34). Encuentre la longitud verdadera de cada elemento. Si las divisiones de la base son comparativamente pequeñas, las longitudes de las cuerdas pueden usarse en el desarrollo para representar las longitudes de los arcos respectivos. Puesto que el desarrollo es simétrico, sólo es necesario presentar la mitad de éste, como se muestra en la figura.

Nota sobre Gráficos

La alta tecnología es la clave en la carrera por la Copa de América

Al sonido de un claxon, el estilizado casco del yate de carreras comienza a surcar las aguas frías y calmadas a una velocidad creciente; la proa se eleva sobre la superficie levantando una ola a medida que acelera y enviando ondas que se dispersan sobre la superficie. Las personas sobre cubierta sienten la brisa en la cara mientras el casco se desliza a velocidades de hasta 14 nudos, pero el movimiento y las sensaciones duran sólo unos cuantos segundos: este viaje de un modelo de 25 pies de largo recorre alrededor de sólo 800 pies y se desarrolla en un enorme tanque de agua y no a mar abierto. Sin embargo, representa el comienzo de la siguiente carrera por la Copa de América, la competencia de navegación más prestigiada del mundo.

Los participantes que desean quitarle la Copa de América a Nueva Zelanda en 2000 ya han comenzado una investigación extensa y realizado pruebas dirigidas a diseñar y construir los botes de velas más rápidos de su clase. Meses, e incluso años, antes de iniciar la construcción de los botes, los equipos de arquitectos navales, diseñadores, científicos en computación, constructores de modelos e ingenieros se involucran en una competencia tecnológica para crear máquinas que puedan completar una carrera de dos horas unos cuantos minutos o segundos antes que sus rivales. Es esta competencia la que trae a los constructores de yates al tanque de pruebas David Taylor en el Centro Naval para Guerra Superficial. Aquí, en los tanques de remolque más grandes del mundo donde la Marina de Estados Unidos prueba modelos de sus futuros destructores, fragatas y otras naves de guerra, John K. Marshall, presidente del Club de Yates de Nueva York, observa cómo varios modelos de cascos de fibra de vidrio navegan a distintas velocidades.

"Éste es nuestro centro de guerra en superficie; entonces, quizá sea apropiado que estemos aquí", afirma Marshall, director de la campaña Young America, un esfuerzo de $40 millones de dólares del Club de Yates de Nueva York para construir el bote que gane el derecho de retar al equipo de Nueva Zelanda por el trofeo más antiguo en el deporte internacional.

"El veleo es un deporte, una competencia atlética para la que los participantes deben entrenar y desarrollar sus habilidades", dice Marshall, "pero la Copa de América también es una competencia tecnológica y siempre lo será."

"Si tu bote es igual de rápido, lo que te puede dar la victoria es tu habilidad para velear", dijo Bob Billingham del America One, el grupo que organiza la entrada para el Club de Yates St. Francis en San Francisco. "Pero no puedes ganar con un bote más lento".

Por ello, equipos de todo el mundo trabajan para refinar sus diseños, guardando celosamente sus estudios sobre la forma de los cascos, botes e incluso los aparejos para ocultar hasta el más pequeño secreto a sus competidores. Los yates de esta clase son tan parecidos que ninguna ventaja resulta insignificante. Los veteranos recuerdan cuando un participante australiano le arrebató la copa a Estados Unidos por primera vez en 1983 con la ayuda de una innovación radical: una quilla con aletas. Los australianos ocultaron este secreto hasta el último momento para evitar que los competidores intentaran copiarlo.

Construir el bote más rápido requiere trabajar dentro de reglas estrictas de diseño. De 1958 a 1987, los navegantes compitieron por la Copa de América en yates de la clase de 12 metros, pero en 1989, un grupo multinacional de diseñadores desarrolló reglas para una nueva clase internacional que apareció por primera vez en la competencia de 1992.

Los nuevos botes de la Copa de América son más ligeros, rápidos, angostos y largos, portan un velamen mayor y están construidos con fibra de carbón en lugar de aluminio. El diseño se basa en una fórmula matemática que equilibra la longitud del bote sobre la superficie del agua, el área de las velas y el desplazamiento, de forma que al aumentar en forma significativa una de las dimensiones, se requiere la disminución de las otras. Por lo general, una nave participante en la Copa de América mide alrededor de 75 pies de eslora, porta un mástil que se eleva 115 pies por encima del agua, tiene un calado de 14 pies de profundidad y pesa de 45,000 a 48,000 libras (más de 40,000 libras pertenecen a un lastre delantero colocado en la base de la quilla).

La lista de retadores del equipo de Nueva Zelanda, que ganó el premio en 1995 navegando a *Black Magic*, incluye a 16 yates de clubes y asociaciones de 10 países (5 de Estados Unidos), quienes han pagado la cuota de inscripción de $200,000 dólares. Los expertos estiman que 10 o 12 de estos grupos obtendrán suficiente dinero para construir al menos un bote, y que quizá 4 o 5 de los competidores mostrarán el talento y la experiencia para producir naves de primera línea con oportunidad de ganar. Los competidores se reunirán en el muelle de Auckland en octubre de 1999 y comenzarán una serie de carreras eliminatorias para seleccionar al retador oficial por la Copa de América; después, el bote ganador competirá con el mejor yate de Nueva Zelanda en una serie de siete carreras realizadas entre febrero y marzo del año 2000 en el Golfo de Hauraki, al noreste de Auckland.

(cont.)

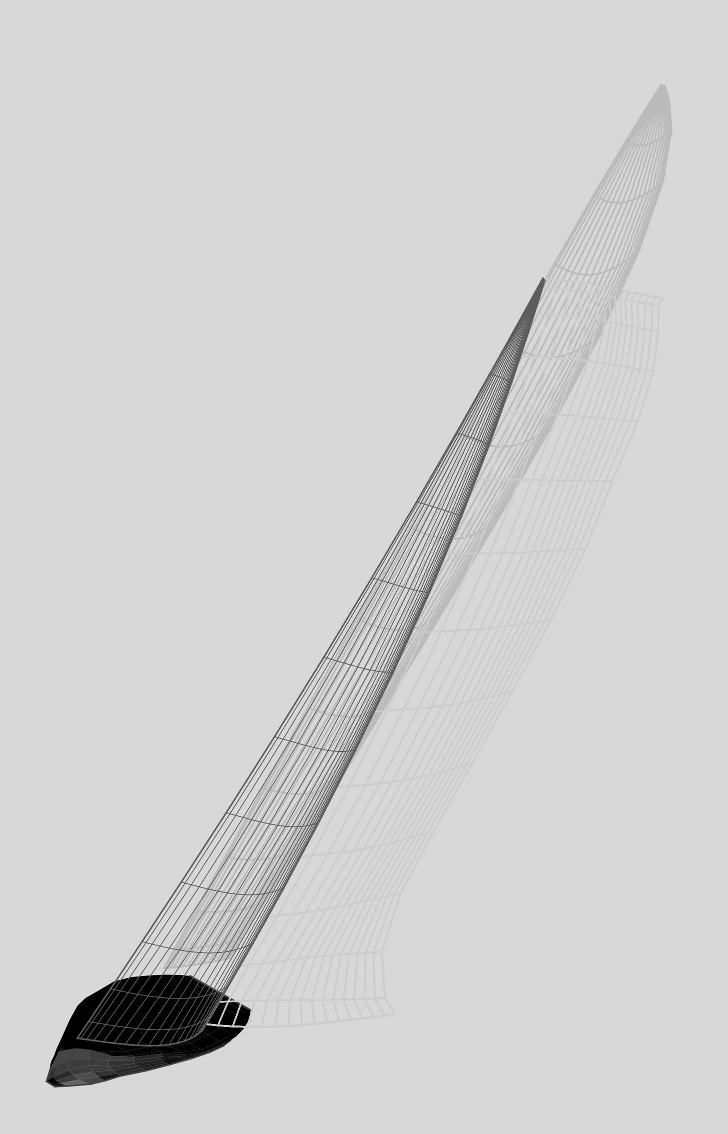
En una competencia tan cerrada resulta significativa cualquier reducción de peso, o mejora en la forma del casco, el diseño de las velas o la colocación de componentes que produzca incluso un incremento del uno por ciento en el desempeño.

Cada vez más, los equipos confían en la simulación en computadoras y en su capacidad para probar sus ideas de diseño en los mares cibernéticos de un modelo matemático antes de construirlas y probarlas en el mundo real. "Los ingenieros usan software sofisticado, conocido como *programas computacionales de dinámica de fluidos*", dice John Kuhn, un arquitecto naval de Science Applications Internacional Corporation en San Diego, una compañía tecnológica que apoya al grupo San Francisco. Los programas simulan que el agua fluye alrededor del casco y sus añadiduras, como el timón, la quilla y el lastre, o el movimiento del aire alrededor del mástil y las velas. Los resultados de los programas, que calculan la presión y el arrastre, dan a los ingenieros la información necesaria para diseñar componentes que después se prueban en tanques o túneles de aire.

La información proveniente de estas pruebas se coloca en el *programa de dinámica de fluidos* y se simula en una computadora más grande con un *programa de predicción de la velocidad* (VVP). Este programa combina las especificaciones de diseño con variables ambientales como el viento, las olas y la temperatura para hacer predicciones de qué tan rápido se desplazará un bote en condiciones específicas. "Un VVP conjunta el trabajo de varias personas que se concentran en partes distintas de un bote para predecir cómo se comportará un diseño integral sobre el agua", dice Kuhn, coordinador técnico del grupo San Francisco. "Estos programas no son perfectos, pero ayudan a conocer cuánto contribuye cada elemento básico a un diseño".

Con cada competencia, dice Duncan McLane, gerente de proyectos tecnológicos del grupo de Nueva York, los diseñadores ven una mayor concordancia entre las predicciones de la computadora y el desempeño real. Aun así, los consejos de los arquitectos navales y otros expertos como Bruce Farr, el diseñador principal para el grupo de Nueva York, resultan cruciales.

"Aún existe mucho de arte en el proceso de diseño", dice MacLane, "muchas de las mejoras que se toman en cuenta provienen de la intuición de los diseñadores. Aún existe un diseñador frente a la pantalla de la computadora que trabaja con los matices y hace alineaciones muy sutiles en el diseño para crear un ganador".



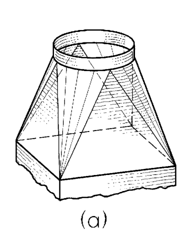
Tom Schnackenberg, quien dirige el equipo de diseño para el grupo de Nueva Zelanda, dice que aunque las pruebas computacionales y con modelos hacen contribuciones significativas para producir un bote, sólo las pruebas a escala completa y el análisis de una nave real pueden confirmar el desempeño de un diseño. Schnackenberg dice: "En el mundo real, se encuentran a menudo resultados a escala completa que difieren de las predicciones". El equipo de Nueva Zelanda planea construir al menos un bote y utilizar sus yates campeones más antiguos en la preparación, dice Alan Sefton, un vocero del grupo.

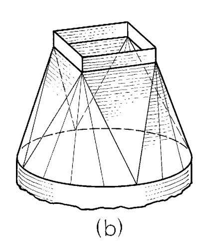
Según Kuhn, del grupo de San Francisco, muchos de los equipos que preparan nuevos botes prestan atención especial a las velas y los aparejos, en parte por las diferencias que surgieron en la última carrera. El mástil y los aparejos del *Black Magic*, el bote de Nueva Zelanda, se colocaron más atrás que en las otras carreras y los neozelandeses desplegaron velas con formas poco usuales.

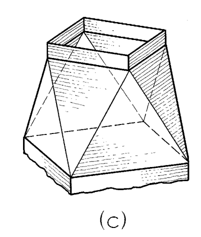
"Todos se fijan en las velas y en los aparejos porque la aerodinámica de la vela es uno de los elementos menos entendidos del diseño", afirma Kuhn. "Es ahí donde podemos obtener un mejor desempeño". Él y otros expertos opinan que, probablemente, cualquier grupo que desee buscar la Copa de América y aún no haya iniciado con este tipo de investigación y planeación está fuera de competencia. Kuhn sentencia: "La carrera ya comenzó".

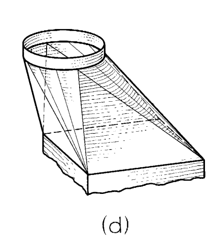
Adaptado de "High Technology is First Mate in the Race for America's Cup", por Warren E. Leary, *New York Times*, 21 de julio de 1998.

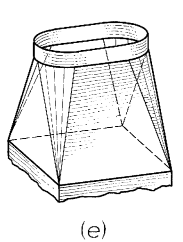












■ **FIGURA 8.33** ■ Piezas de transición.

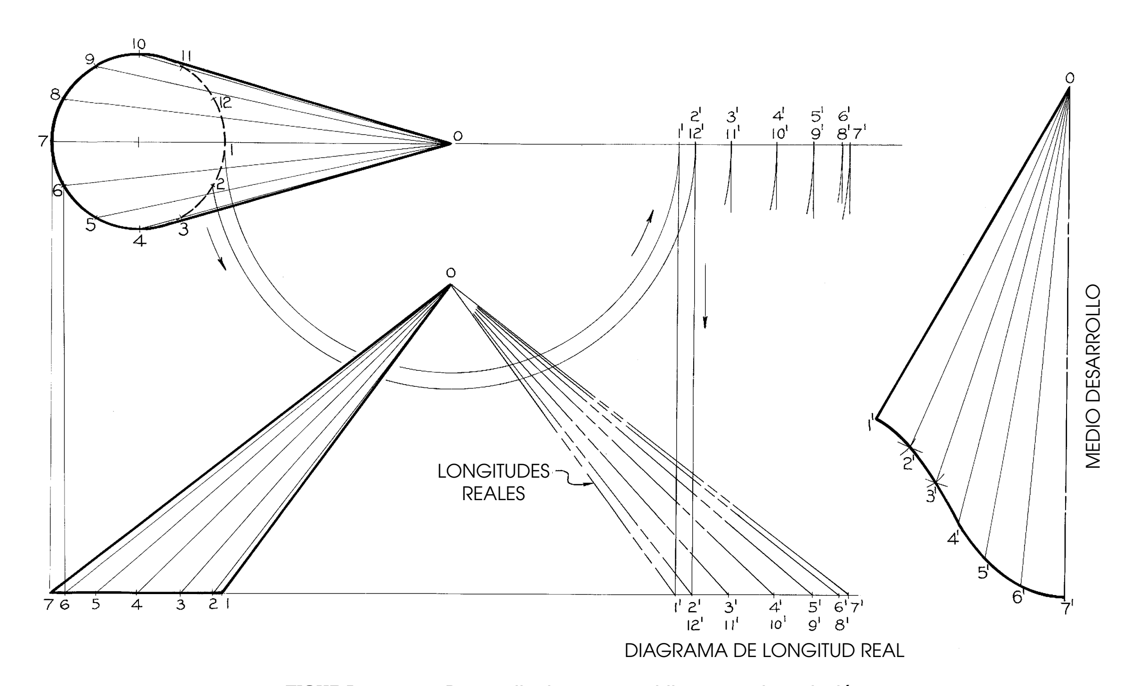
8.32 ■ EL DESARROLLO DE UNA PIEZA DE TRANSICIÓN QUE CONECTA TUBOS RECTANGULARES EN EL MISMO EJE

La transición de una pieza puede ser el tronco de una pirámide que conecta tubos rectangulares en el mismo eje (figura 8.35). El desarrollo puede verificarse si las líneas paralelas sobre la superficie también son paralelas en el desarrollo.

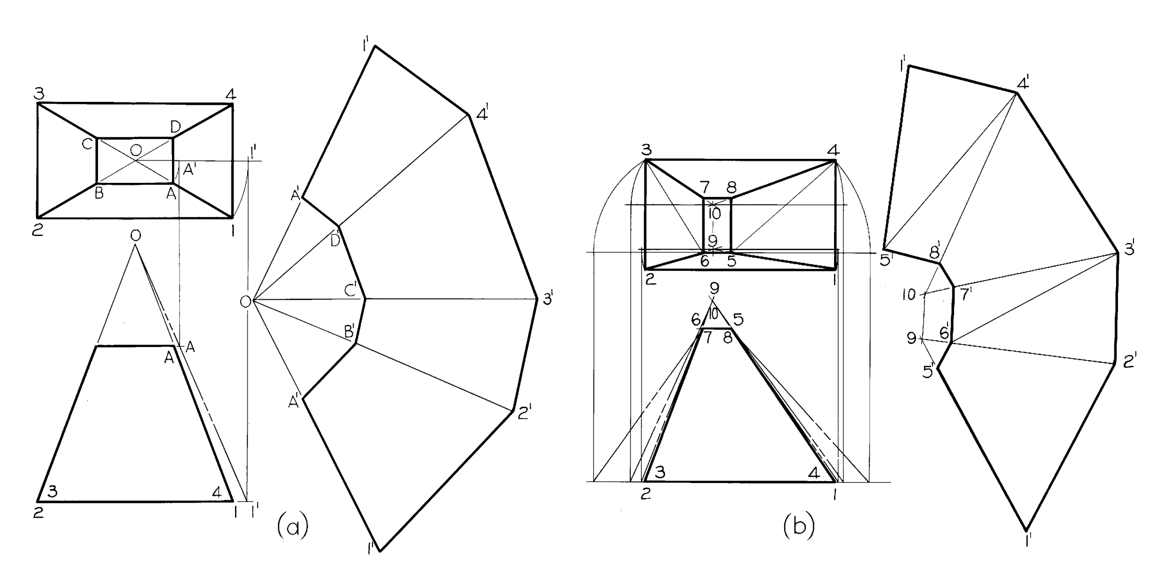
8.33 ■ LOCALIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN DE UN PLANO, UNA ESFERA Y DETERMINACIÓN DEL DESARROLLO APROXIMADO DE LA ESFERA

La intersección de un plano y una esfera es un círculo donde el diámetro depende del sitio en que se localiza el plano. Cualquier círculo cortado por un plano a través del centro de la esfera se llama ***círculo mayor***. Si un plano pasa a través del centro y es perpendicular al eje, el círculo mayor resultante se llama ***ecuador***; si el plano contiene el eje, éste cortará un círculo mayor llamado ***meridiano***.

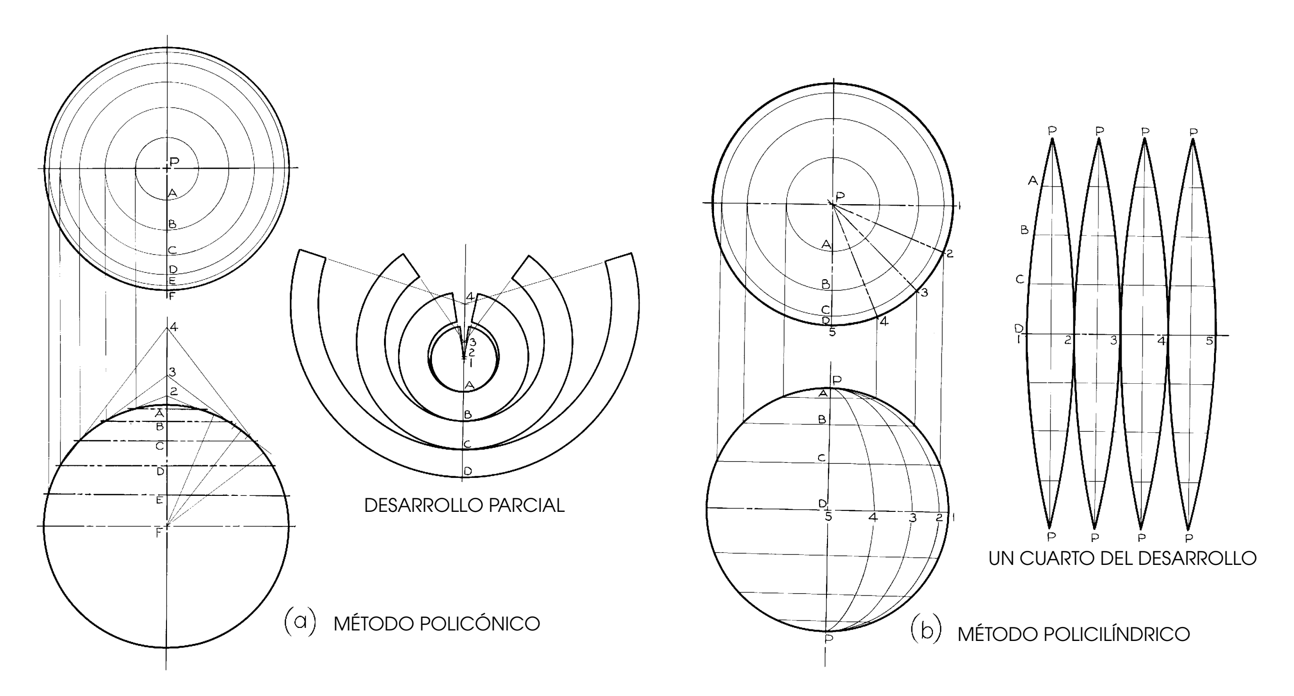
La superficie de una esfera es doblemente curva y no es desarrollable. La superficie puede desarrollarse en forma aproximada al dividirla en una serie de zonas y sustituir cada zona por una parte de un cono circular recto. Si las superficies cónicas están inscritas dentro de la esfera, el desarrollo será más pequeño que la superficie de la esfera; si las superficies cónicas están circunscritas alrededor de la esfera, el desarrollo será más grande. Si las superficies cónicas se encuentran en parte dentro y en parte fuera de la esfera, el desarrollo resultante se aproxima mucho a la superficie esférica. Este método para desarrollar una superficie esférica es el método ***policónico*** y se muestra en la figura 8.36a. Éste se utiliza en los mapas del gobierno de Estados Unidos.



■ **FIGURA 8.34** ■ Desarrollo de un cono oblicuo por triangulación.



■ **FIGURA 8.35** ■ Desarrollo de una pieza de transición. Conexión de tubos rectangulares en el mismo eje.



■ **FIGURA 8.36** ■ Desarrollo aproximado de una esfera.

Otro método para hacer un desarrollo aproximado de la superficie doblemente curva de una esfera consiste en dividir la superficie en secciones iguales con planos meridianos y sustituir con superficies cilíndricas las secciones esféricas. Las superficies cilíndricas pueden inscribirse dentro de la esfera, circunscribirse alrededor de ésta o localizarse en parte dentro y en parte fuera. El desarrollo de la serie de superficies cilíndricas es un desarrollo aproximado de la superficie esférica. Éste método es el ***policilíndrico***, algunas veces llamado el método de rebanado (figura 8.36b).

8.34 ■ GRÁFICOS EN COMPUTADORA

Mediante el uso de CAD tridimensional es posible generar cualquier vista en uno o dos pasos, con lo que se elimina la necesidad de proyectar vistas auxiliares en forma manual. Aun así es muy importante entender con claridad cuál línea de mirada producirá una vista a tamaño verdadero o una vista que muestre un ángulo diédrico verdadero. Cuando se mide o dimensiona una vista a partir de una pantalla de CAD, si la superficie o ángulo no está a tamaño verdadero, la dimensión automática del sistema CAD será la de la distancia aparente o proyectada. Los ángulos diédricos dimensionados en forma incorrecta constituyen un error común en dibujos de CAD creados por operadores inexpertos. Las técnicas de modelado sólido pueden usarse para crear intersecciones precisas entre diferentes sólidos. Algunos programas de CAD tienen comandos para crear piezas de transición que combinan sólidos de dos formas: por ejemplo, en una operación de barrido/unión. No todo el software de CAD es capaz de producir desarrollos (patrones planos) o superficies. Algunas superficies, como las esferas o toroides, sólo pueden aproximarse mediante una forma aplanada.

PALABRAS CLAVE

ÁNGULO DIÉDRICO
CÍRCULO MAYOR
DESARROLLO
ECUADOR
ELEMENTO
ELIPSOIDE
GENERATRIZ
HIPERBOLOIDE
INTERSECCIÓN
LÍNEA DE PLIEGUE
LÍNEA EXTENDIDA
MERIDIANO
PIEZA DE TRANSICIÓN
PLANO DE REFERENCIA
PLANO
POLICILÍNDRICO
POLICÓNICO
POLIEDROS REGULARES
POLIEDROS
SECCIÓN AUXILIAR
SECCIÓN CÓNICA
SEGUNDA VISTA PREVIA
SÓLIDO DE REVOLUCIÓN
SUPERFICIE DE UNA SOLA CURVA
SUPERFICIE DESARROLLABLE
SUPERFICIE DOBLEMENTE CURVA DE REVOLUCIÓN
SUPERFICIE DOBLEMENTE CURVA
SUPERFICIE RAYADA
SUPERFICIE TORCIDA
TAMAÑO REAL
TERCERA VISTA AUXILIAR
TOROIDE
TRIANGULACIÓN
VISTA AUXILIAR PARCIAL
VISTA AUXILIAR PRIMARIA
VISTA AUXILIAR SECUNDARIA
VISTA AUXILIAR

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Una vista auxiliar puede generar una proyección que muestre la longitud real de una línea o el tamaño de un plano.
- Una vista auxiliar puede producirse en forma directa mediante el uso de CAD si el objeto original fue dibujado como un modelo tridimensional.
- Las líneas de pliegue o líneas de referencia representan las vistas del borde de los planos de proyección.
- Los puntos se proyectan entre vistas paralelamente a la línea de observación y perpendicular a las líneas de referencia o líneas de pliegue.
- Un uso común de las vistas auxiliares es la presentación de ángulos diédricos a tamaño verdadero.
- Las curvas se proyectan a las vistas auxiliares mediante su graficación como puntos.
- Una vista secundaria auxiliar puede construirse a partir de un vista auxiliar (primaria) dibujada con anterioridad.
- La técnica para crear el desarrollo de sólidos está determinada por la forma geométrica básica. Los prismas, las pirámides, los cilindros y los conos tienen cada uno una técnica de desarrollo particular.
- La intersección de dos sólidos está determinada por la graficación de la intersección de cada superficie y la transferencia de los puntos de intersección a cada desarrollo.
- Los conos y las pirámides usan desarrollos radiales. Los prismas y los cilindros usan desarrollos paralelos.
- Los sólidos truncados, los conos y las pirámides se crean al desarrollar todo el sólido y después graficar los puntos extremos truncados sobre cada elemento radial.
- Las piezas de transición se desarrollan mediante la creación de superficies triangulares que aproximan la transición de rectangular a circular. Entre más pequeñas sean las superficies triangulares, más preciso será el desarrollo.

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Qué significa longitud real?, ¿y tamaño real?
2. ¿Por qué una línea a tamaño real siempre es paralela a una línea de referencia adyacente?
3. Si una vista auxiliar se dibuja a partir de la vista frontal, ¿sus dimensiones de profundidad serán las mismas que en las otras vistas?
4. Describa un método para transferir la profundidad entre vistas.
5. ¿Cuál es la diferencia entre una vista auxiliar completa y una vista auxiliar parcial?
6. ¿Cuántas vistas auxiliares son necesarias para dibujar el tamaño verdadero de un plano inclinado?, ¿y de un plano oblicuo?
7. ¿Cuál es el ángulo entre el plano de referencia (o línea de pliegue) y las líneas de dirección de la mirada?
8. ¿En qué sentido el desarrollo de una pirámide es similar al desarrollo de un cono?
9. Cuando se desarrolla un cono o una pirámide truncados, ¿por qué se desarrolla primero el sólido completo?
10. ¿Qué técnicas de geometría descriptiva se usan para determinar los puntos de intersección entre dos sólidos?
11. ¿Qué es una pieza de transición?
12. ¿Qué es una línea extendida?
13. ¿Cuáles partes de un desarrollo tienen tamaño verdadero y forma verdadera?
14. ¿En cuáles áreas de la construcción se utilizan desarrollos e intersecciones?

PROYECTOS DE VISTAS AUXILIARES

Los proyectos de las figuras 8.37 a la 8.71 pueden dibujarse con CAD o a mano alzada. Si no se han asignado vistas auxiliares parciales, las vistas auxiliares deben ser vistas completas del objeto, incluyendo todas las líneas ocultas necesarias.

A menudo resulta difícil espaciar las vistas en el bosquejo de una vista auxiliar. Asegúrese de proporcionar suficiente espacio para la vista auxiliar al esbozar con líneas ligeras y delgadas todas las dimensiones. Después agregue más detalles cuando haya establecido la distribución básica del bosquejo. Si se van a incluir dimensiones métricas o decimales, consulte el capítulo sobre dimensionamiento.

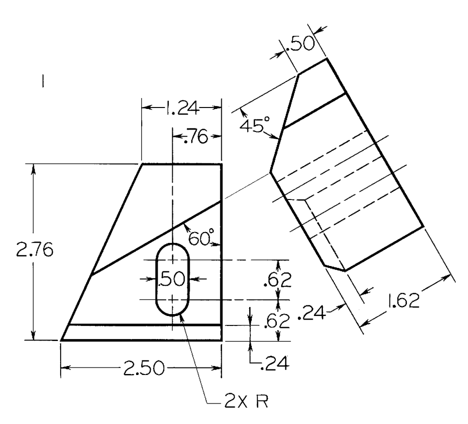
En las figuras 8.72 a la 8.77 se proporciona una amplia selección de proyectos de intersección y desarrollo. Estos proyectos están diseñados para ajustarse a hojas de 11 × 17 pulg o A3 (297 × 420 mm). Debido a que los desarrollos se usan para crear patrones, éstos deben dibujarse con precisión o dimensionarse. También pueden resolverse en la mayoría de los sistemas CAD con el uso del modelado en dos o tres dimensiones.

PROYECTO DE DISEÑO

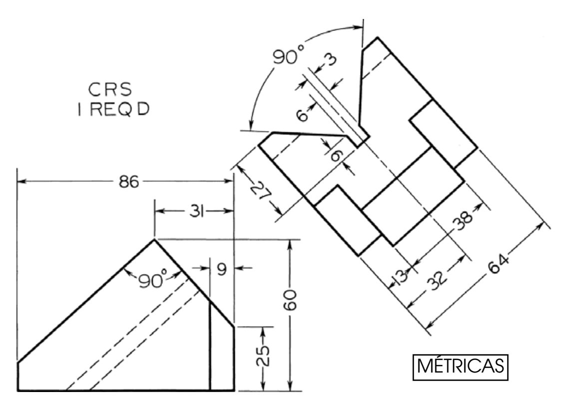
El diseño del empaque para productos del cuidado personal como el dentífrico, jabón para manos y el shampoo puede ser un factor determinante para el éxito en la venta del producto. Los envases de pasta dental varían desde los tubos exprimibles tradicionales hasta complejas bombas surtidoras que producen mezclas de pasta dental con múltiples colores.

Diseñe un envase nuevo o mejorado para un dentífrico o similar. Considere la facilidad de uso y la factibilidad del diseño para la función última del empaque. Por ejemplo, un envase usado para enfermos de artritis debe ser particularmente fácil de abrir; uno para niños debería incorporar un elemento de diversión. Los envases además, deben mantener el producto limpio y fresco.

Su diseño debe ser apto para la producción en masa a un precio bajo para el consumidor y ahorrar materia prima. ¿Su envase sería desechable, reutilizable o recargable? Ponga en práctica las habilidades de comunicación gráfica que ha aprendido hasta ahora para representar con claridad su diseño.

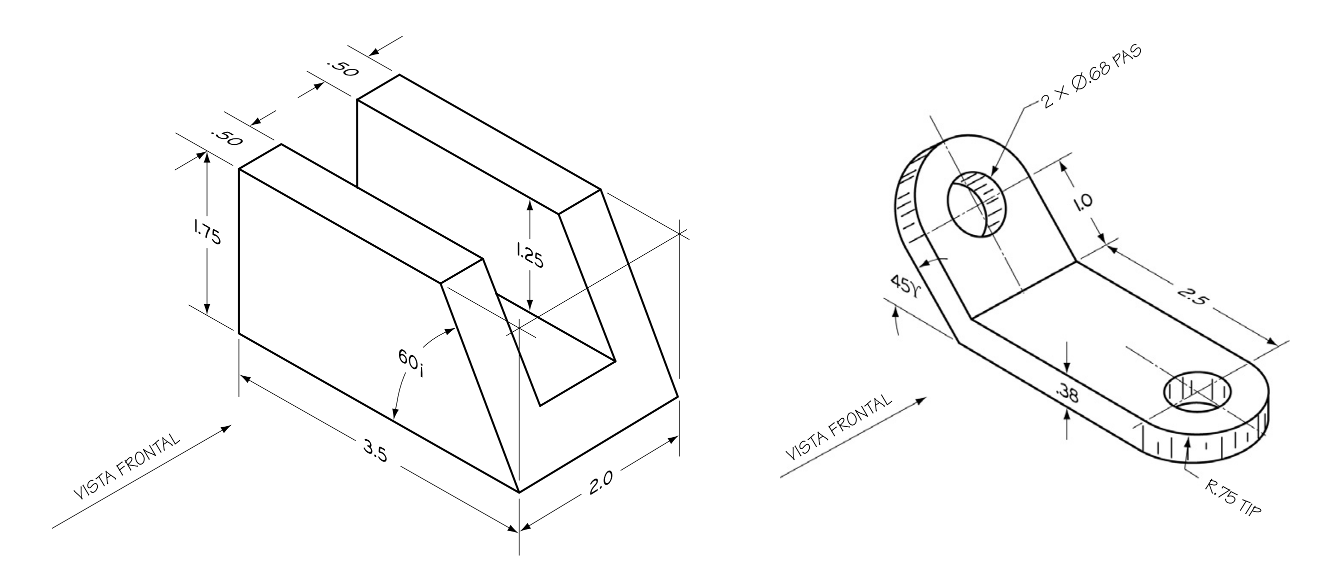


■ **FIGURA 8.37** ■ Dedo RH. Vistas dadas: frontal y auxiliar. Vistas requeridas: frontal, auxiliar, izquierda y superior completas (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).



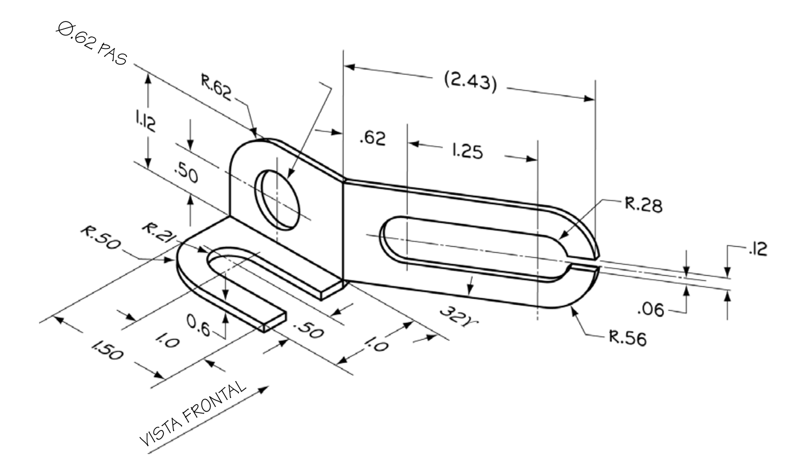
■ **FIGURA 8.38** ■ Bloque en V. Vistas dadas: frontal y auxiliar. Vistas requeridas: frontal, superior y auxiliar completas (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).

■ **FIGURA 8.39** ■ Problemas de vista auxiliar. Haga bosquejos a mano alzada o dibujos en CAD del problema que se le asigne. Dibuje las vistas dadas frontal y derecha, y agregue la vista auxiliar incompleta incluyendo todas las líneas ocultas (Esquema A-3 o A4-3 ajustado). Si se le asigna, diseñe su propia vista derecha consistente con la vista frontal dada y después agregue la vista auxiliar completa.

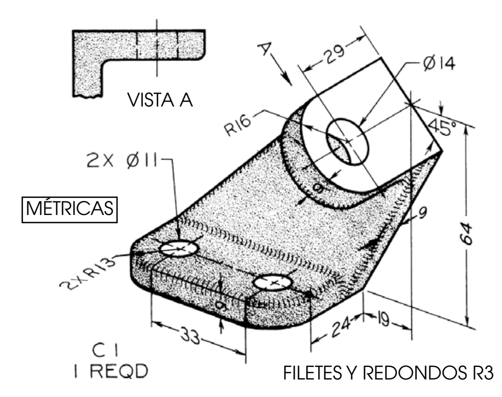


■ **FIGURA 8.40** ■ Corredera plástica. Dibuje todas las vistas requeridas. (Esquema A-3 o A4-3 ajustado). Dibuje una vista auxiliar que muestre el tamaño verdadero de la superficie inclinada.

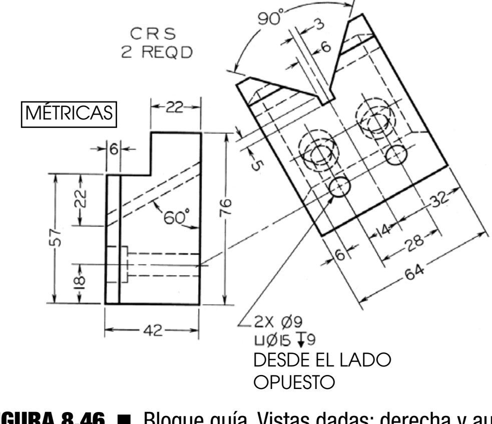
■ **FIGURA 8.41** ■ Mordaza. Dibuje todas las vistas requeridas (Esquema A-3 o A4-3 ajustado). Incluya una vista auxiliar que muestre el tamaño verdadero de la superficie inclinada.



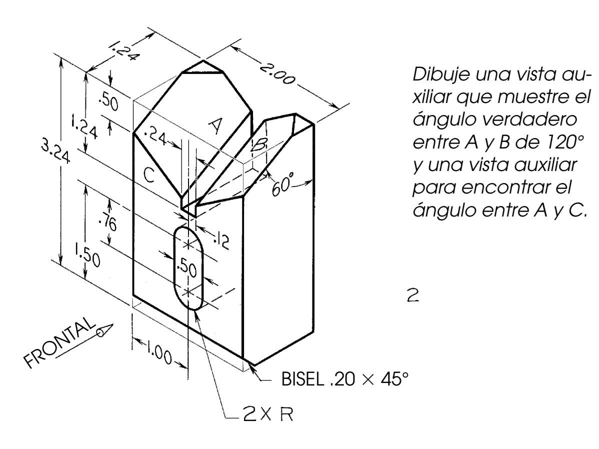
■ **FIGURA 8.42** ■ Grapa montante. Dibuje todas las vistas requeridas. Use una vista auxiliar (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).



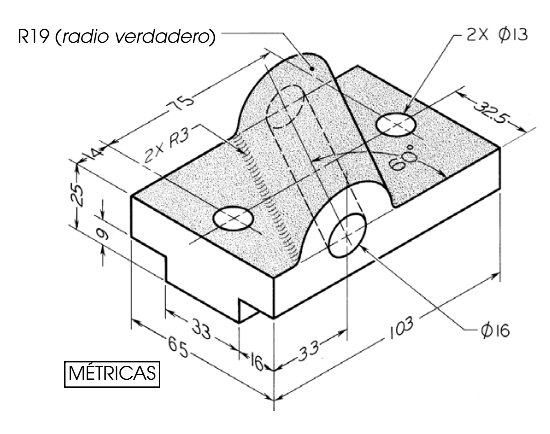
■ **FIGURA 8.43** ■ Ménsula ancla. Dibuje las vistas necesarias o vistas parciales (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).



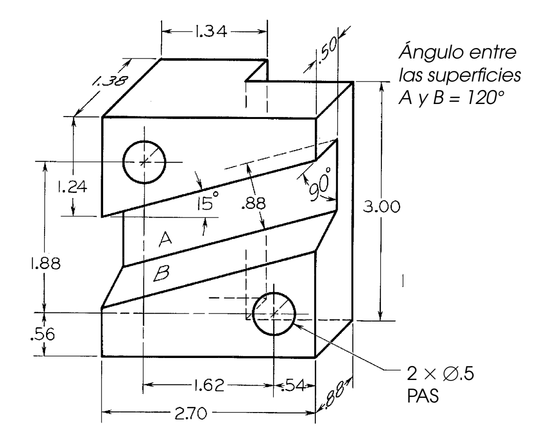
■ **FIGURA 8.46** ■ Bloque guía. Vistas dadas: derecha y auxiliar. Vistas requeridas: derecha, auxiliar, además de las vistas frontal y superior, todas completas (Esquema B-3 o A3-3).



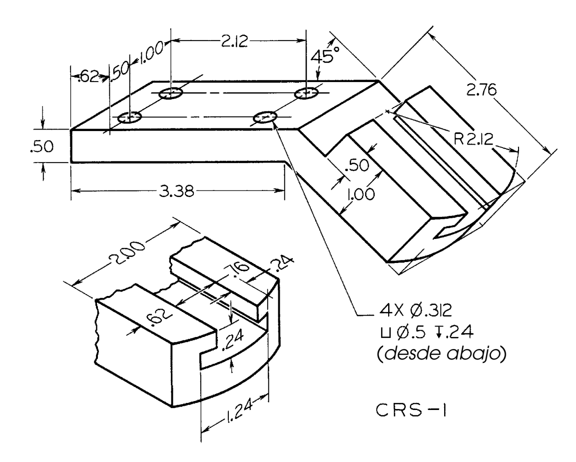
■ **FIGURA 8.44** ■ Bloque centrador. Dibuje las vistas frontal, superior y derecha completas, además de las vistas auxiliares indicadas (Esquema B-3 o A3-3).



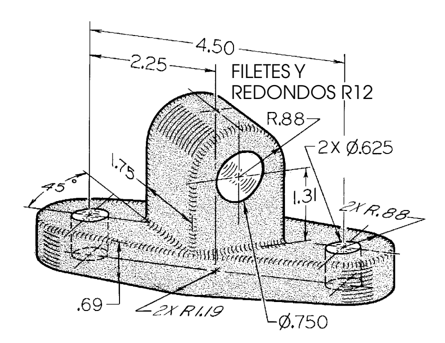
■ **FIGURA 8.47** ■ Cojinete angulado. Dibuje las vistas necesarias, incluya una vista auxiliar completa (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).



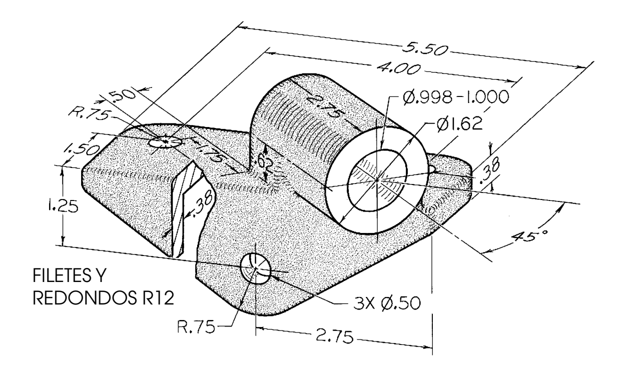
■ **FIGURA 8.45** ■ Corredera de sujeción. Dibuje por completo las vistas necesarias (Esquema B-3 o A3-3).



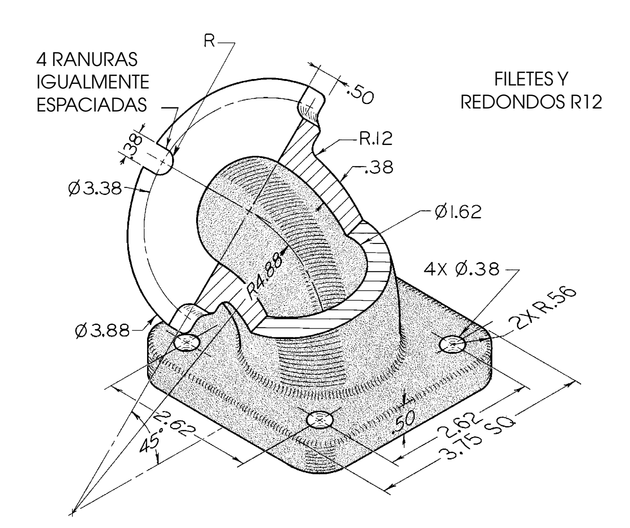
■ **FIGURA 8.48** ■ Ménsula guía. Dibuje las vistas necesarias o vistas parciales (Esquema B-3 o A3-3).



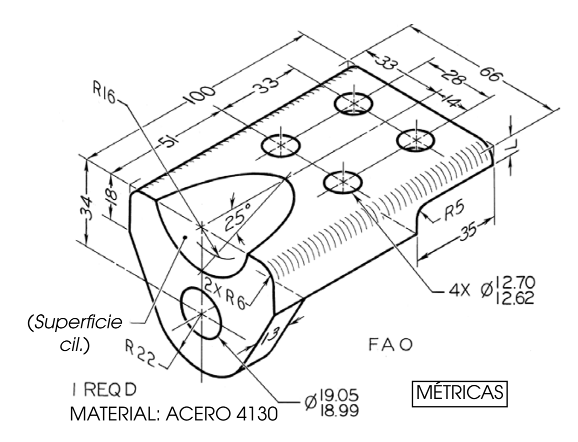
■ **FIGURA 8.49** ■ Guía de varilla. Dibuje las vistas necesarias, incluya una vista auxiliar completa que muestre la forma verdadera de la porción redondeada superior (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



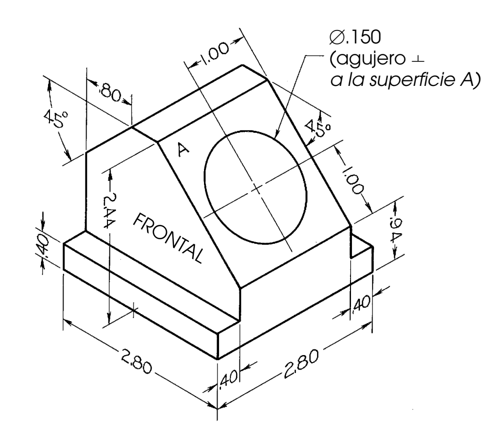
■ **FIGURA 8.50** ■ Ancla de refuerzo. Dibuje las vistas necesarias, incluya una vista auxiliar parcial que muestre la forma verdadera de la porción cilíndrica (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



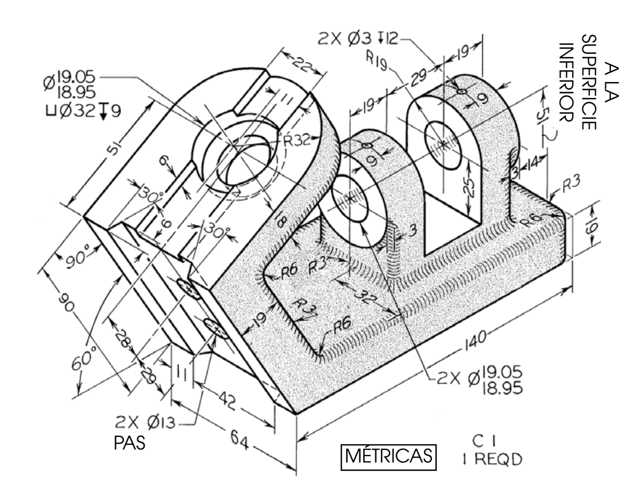
■ **FIGURA 8.51** ■ Codo 458. Dibuje las vistas necesarias, incluya una sección rota y dos vistas medias de las bridas (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



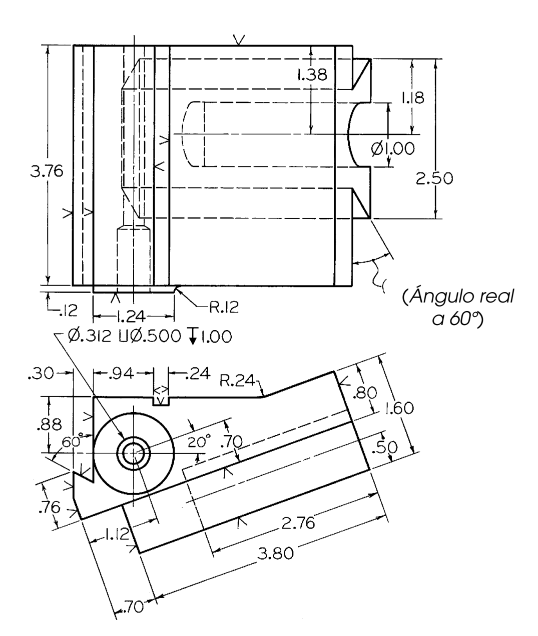
■ **FIGURA 8.52** ■ Guía de ángulo. Dibuje las vistas necesarias, incluya una vista auxiliar parcial del descanso cilíndrico (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



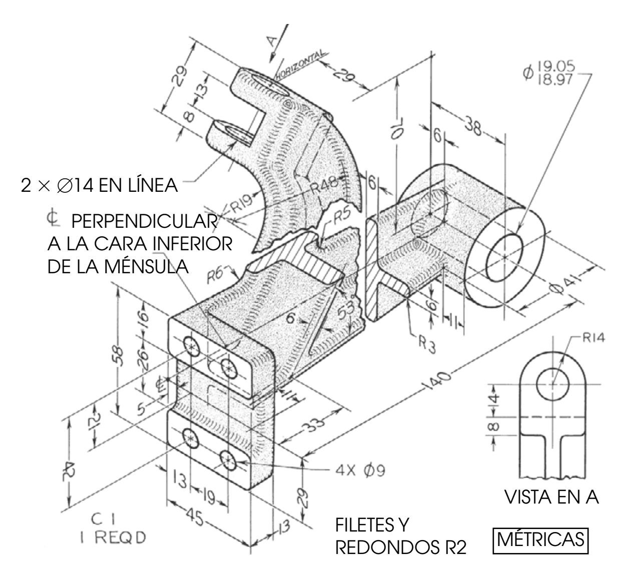
■ **FIGURA 8.53** ■ Bloque receptor. Dibuje las vistas frontal y derecha (separadas a 2.800) y complete la vista auxiliar de todo el objeto que muestre la forma de la superficie A y todas las líneas ocultas (Esquema A-3 o A4-3 ajustado).



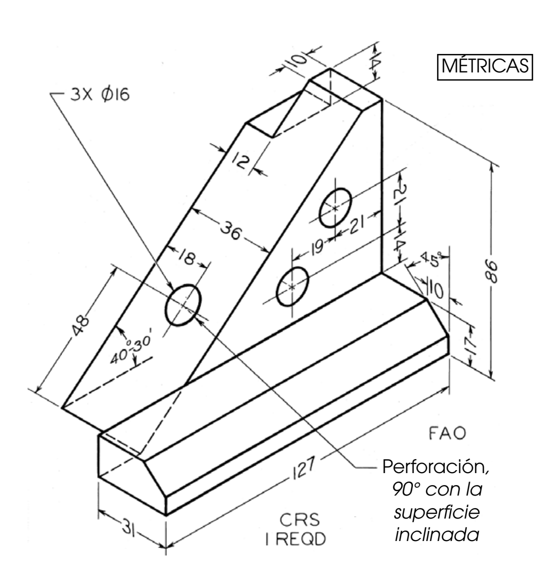
■ **FIGURA 8.54** ■ Ménsula de control. Dibuje las vistas necesarias, incluya las vistas auxiliares parciales regulares (Esquema C-4 o A2-4).



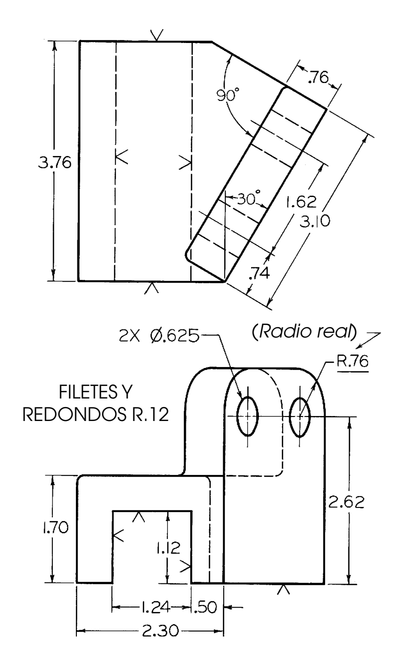
■ **FIGURA 8.55** ■ Corredera para caja de herramientas. Dibuje las vistas dadas y agregue una vista auxiliar completa que muestre la curvatura de la ranura en la parte inferior (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



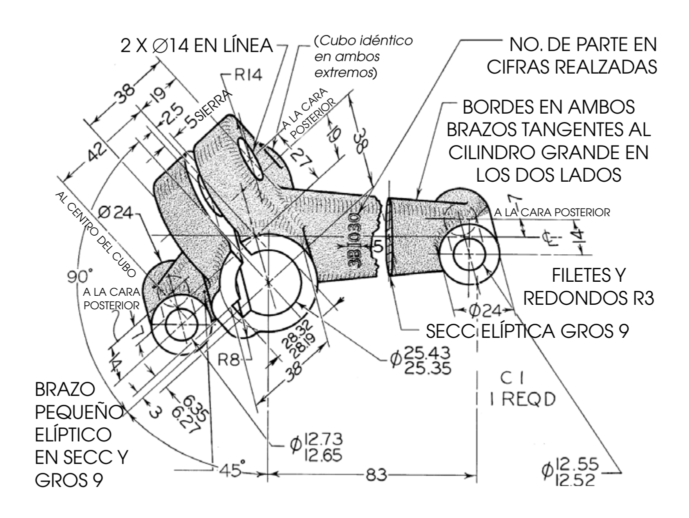
■ **FIGURA 8.57** ■ Cojinete guía. Dibuje las vistas necesarias y vistas parciales, incluya dos vistas auxiliares parciales (Esquema C-4 o A2-4).



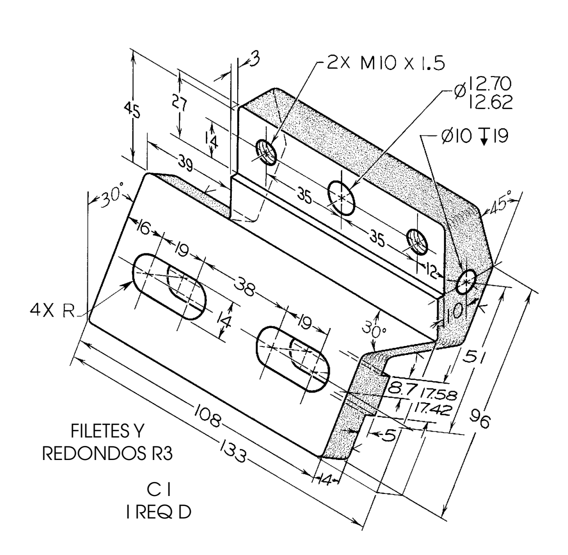
■ **FIGURA 8.56** ■ Bloque ajustador. Dibuje las vistas necesarias, incluya una vista auxiliar completa que muestre la forma verdadera de la superficie inclinada (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



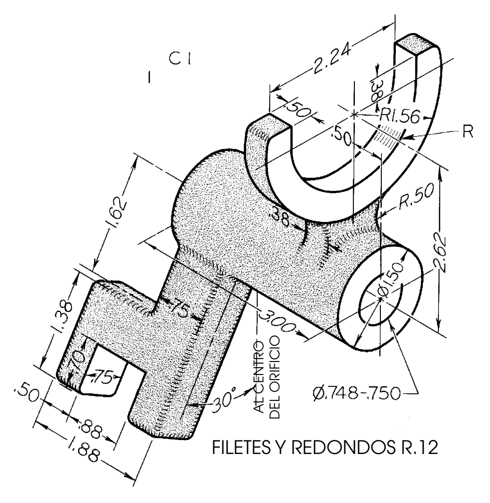
■ **FIGURA 8.58** ■ Ménsula a presión de taladro. Dibuje las vistas dadas y dibuje una vista auxiliar completa que muestre la forma verdadera de la cara inclinada (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



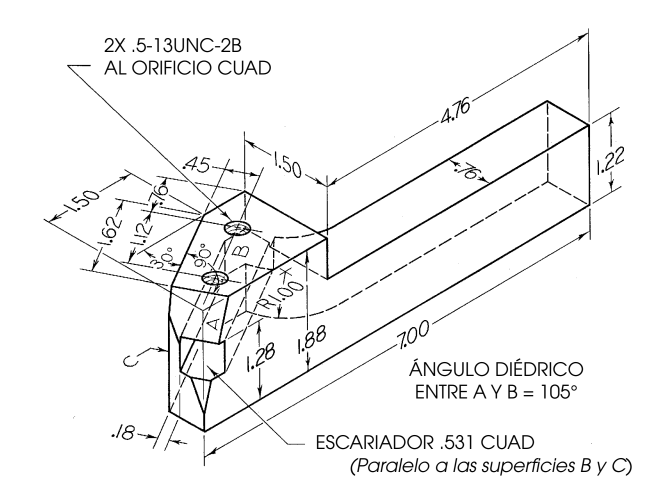
■ **FIGURA 8.59** ■ Palanca de control de frenos. Dibuje las vistas necesarias y vistas parciales (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



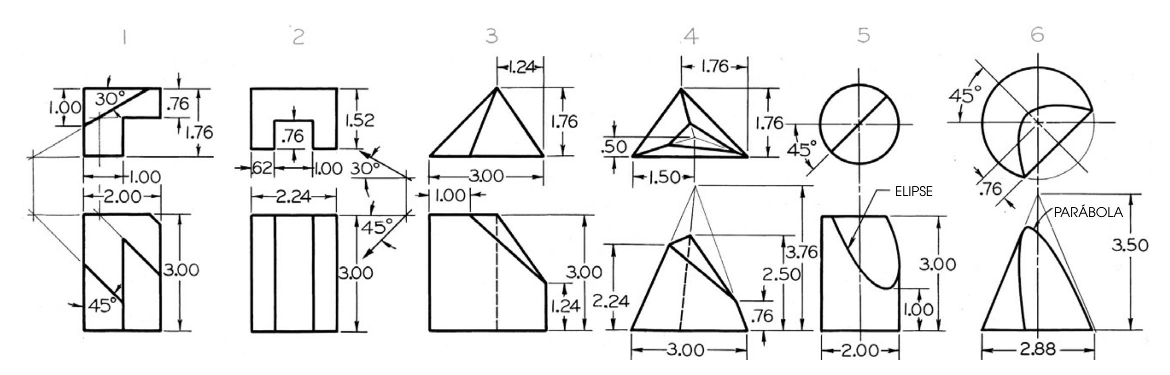
■ **FIGURA 8.61** ■ Ménsula de leva. Dibuje las vistas necesarias o las vistas parciales que se requieran. Para las roscas, vea §§11.12 y 11.13 (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



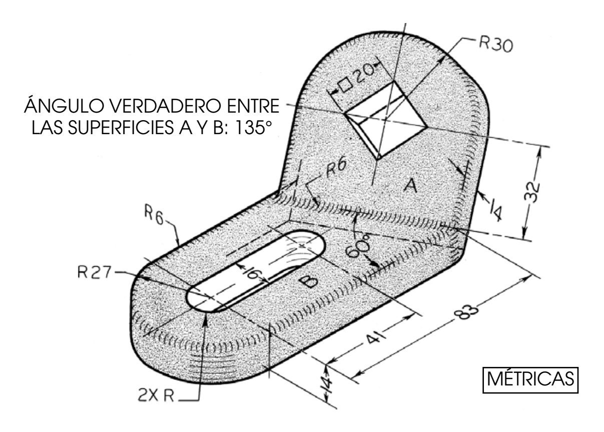
■ **FIGURA 8.60** ■ Horquilla de cambios. Dibuje las vistas necesarias, incluya una vista auxiliar parcial que muestre la forma verdadera del brazo inclinado (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



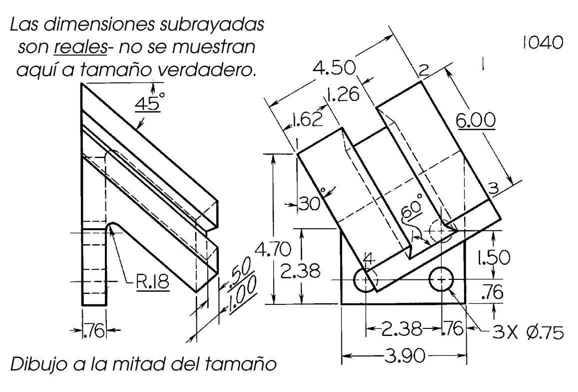
■ **FIGURA 8.62** ■ Caja de herramientas RH. Dibuje las vistas necesarias, incluya las vistas auxiliares parciales que muestren el ángulo de 105° y el orificio cuadrado a tamaño verdadero. Para las roscas, vea tema 11.12 y 11.13 (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



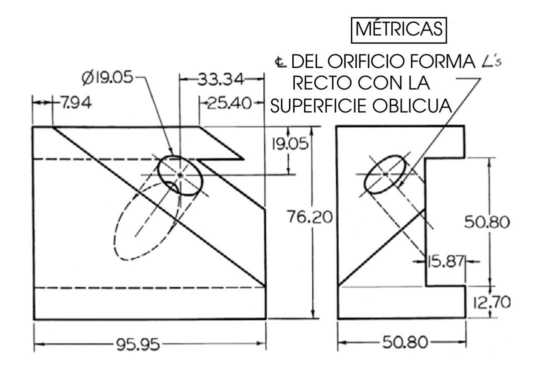
■ **FIGURA 8.63** ■ Dibuje vistas auxiliares secundarias, completas, las cuales (con excepción del proy. 2) mostrarán los tamaños verdaderos de las superficies inclinadas. En el proy. 2 dibuje la vista auxiliar secundaria como se observa en dirección de la flecha (Esquema B-3 o A3-3).



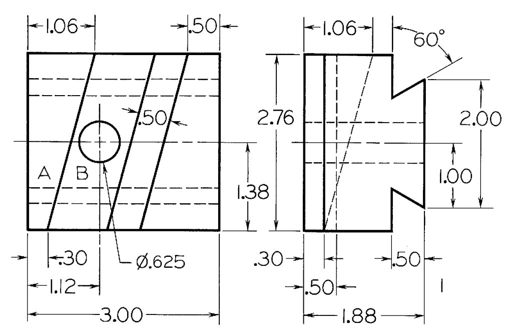
■ **FIGURA 8.64** ■ Ménsula de control. Dibuje las vistas necesarias, incluya las vistas auxiliares primaria y secundaria de forma que la última muestre la forma verdadera de la superficie A (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



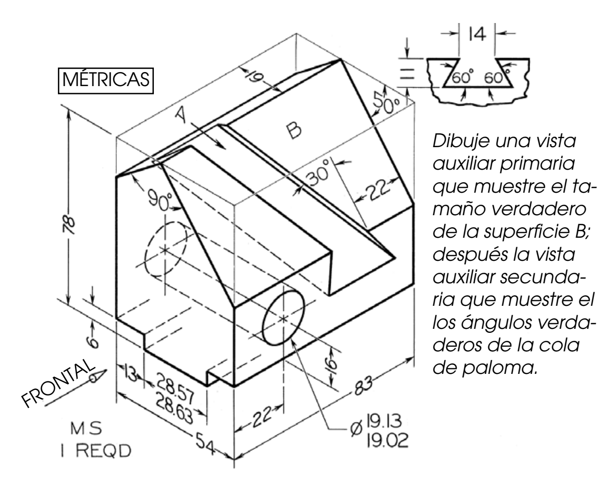
■ **FIGURA 8.66** ■ Corredera "cola de paloma". Dibuje las vistas dadas completas y vistas auxiliares, incluya una vista que muestre el tamaño real de la superficie 1-2-3-4 (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



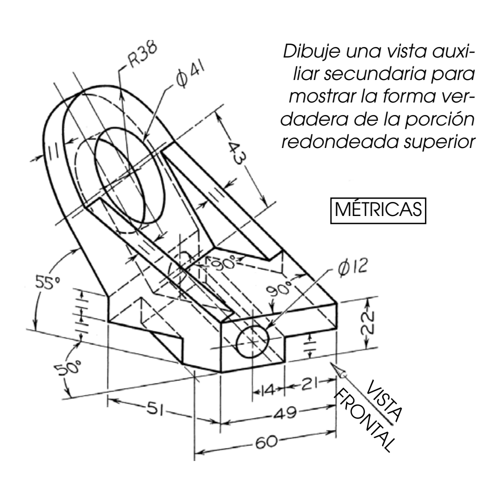
■ **FIGURA 8.65** ■ Bloque receptor. Dibuje las vistas dadas y las vistas auxiliares primaria y secundaria de forma que la última muestre la forma verdadera de la superficie oblicua (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



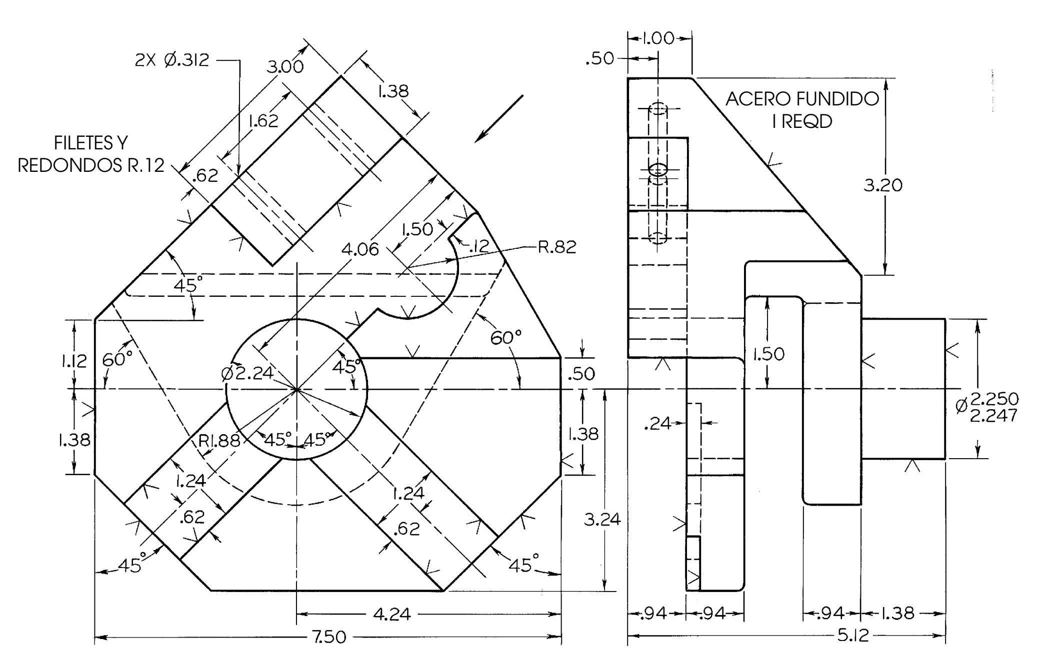
■ **FIGURA 8.67** ■ Guía "cola de paloma". Dibuje las vistas dadas y las vistas auxiliares completas que se indican (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



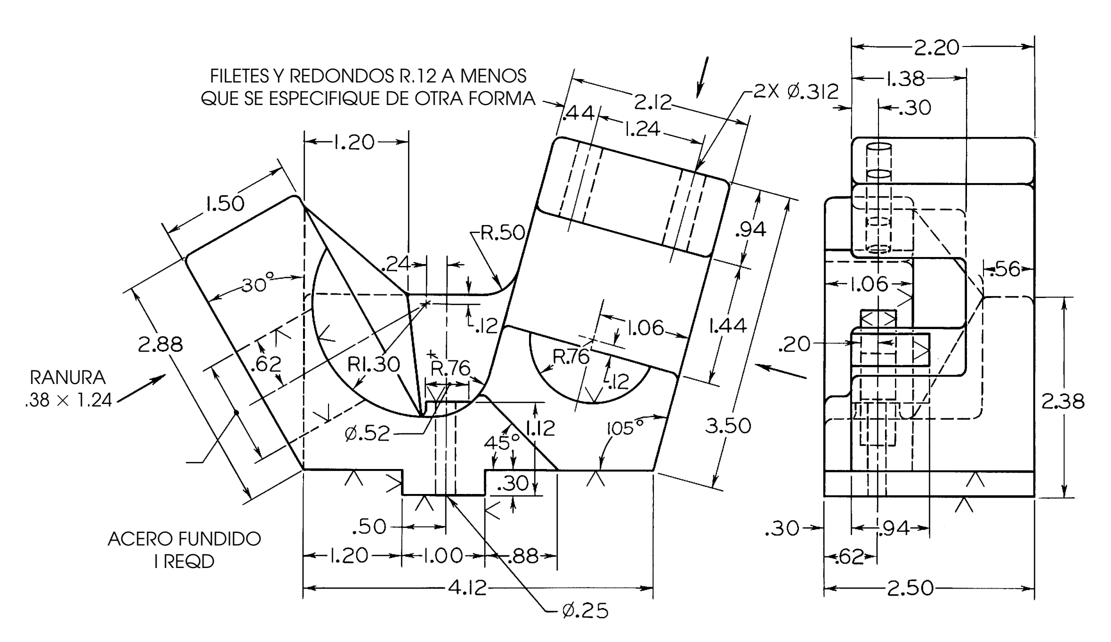
■ **FIGURA 8.68** ■ Tope ajustable. Dibuje las vistas frontal y auxiliar completas además de vista derecha parcial. Muestre todas las líneas ocultas (Esquema C-4 o A2-4).



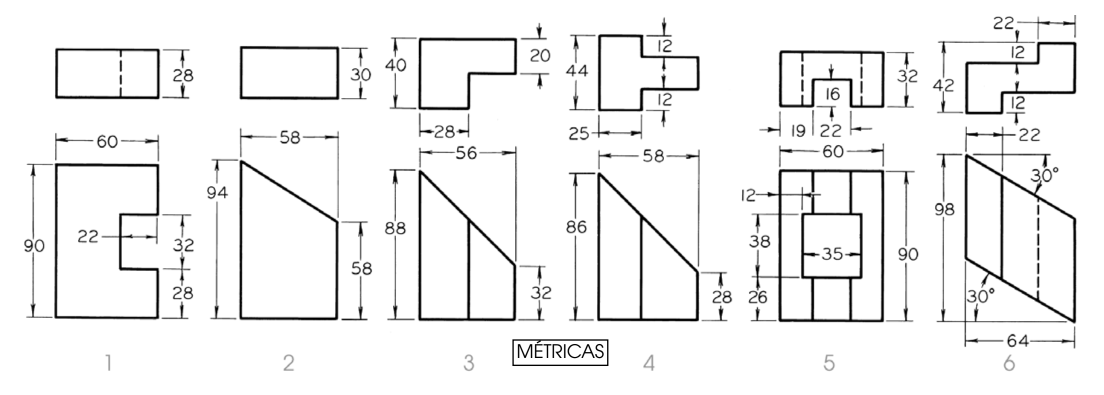
■ **FIGURA 8.69** ■ Caja de herramientas. Dibuje la vista frontal completa, y las vistas primaria y secundaria indicadas (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).



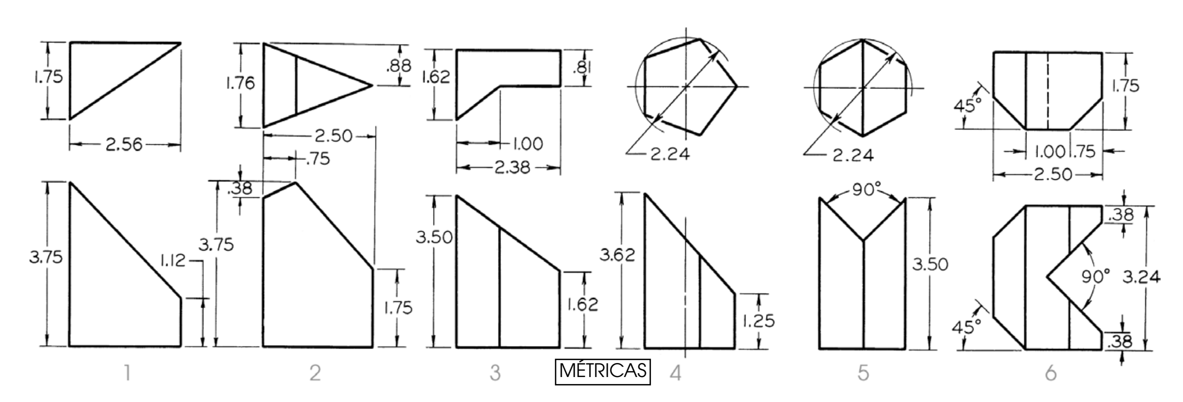
■ **FIGURA 8.70** ■ Receptáculo de herramientas para torreta de torno. Vistas dadas: frontal y derecha. Vistas requeridas: frontal e izquierda, y vista auxiliar completa como lo indica la flecha (Esquema C-4 o A2-4).



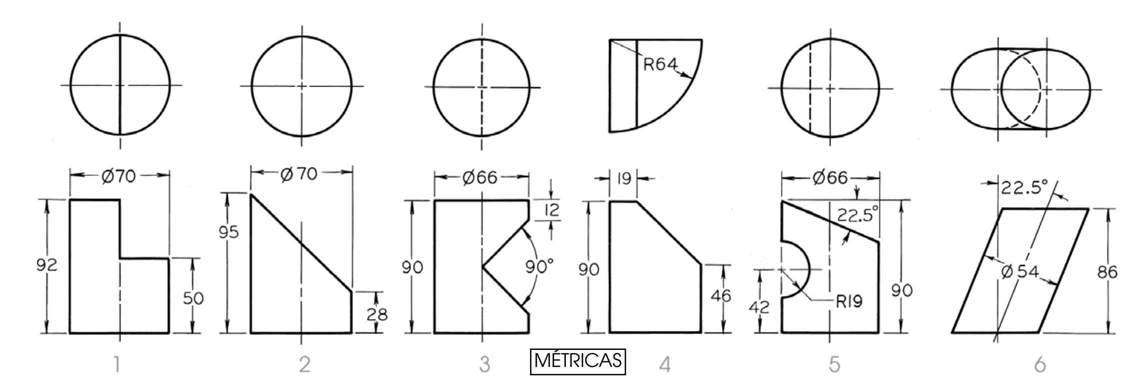
■ **FIGURA 8.71** ■ Receptáculo de herramientas afiladas para máquina enroscadora automática. Vistas dadas: frontal y derecha. Vistas requeridas: frontal, y tres vistas auxiliares parciales (Esquema C-4 o A2-4).



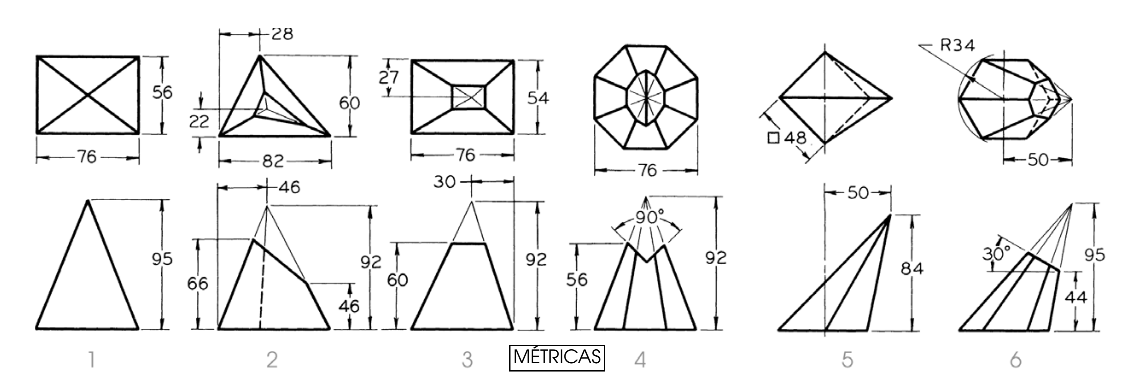
■ **FIGURA 8.72** ■ Dibuje las vistas dadas y desarrolle la superficie lateral (Esquema A3-3 o B-3).



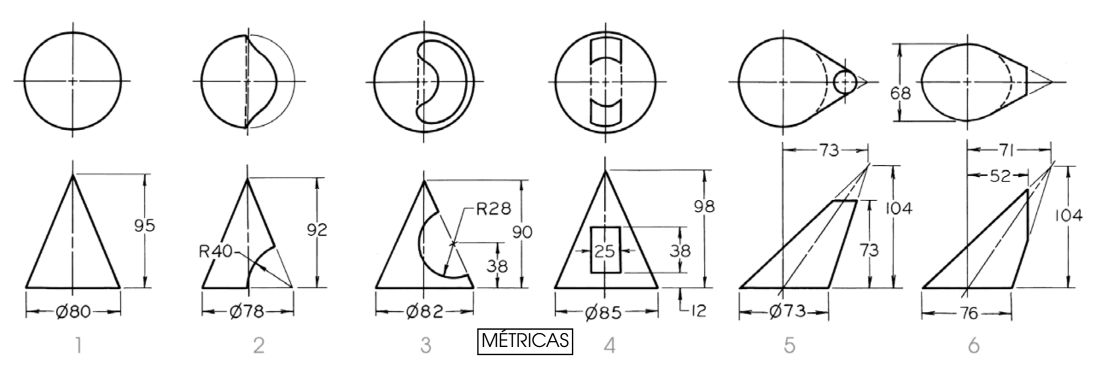
■ **FIGURA 8.73** ■ Dibuje las vistas dadas y desarrolle la superficie lateral (Esquema A3-3 o B-3).



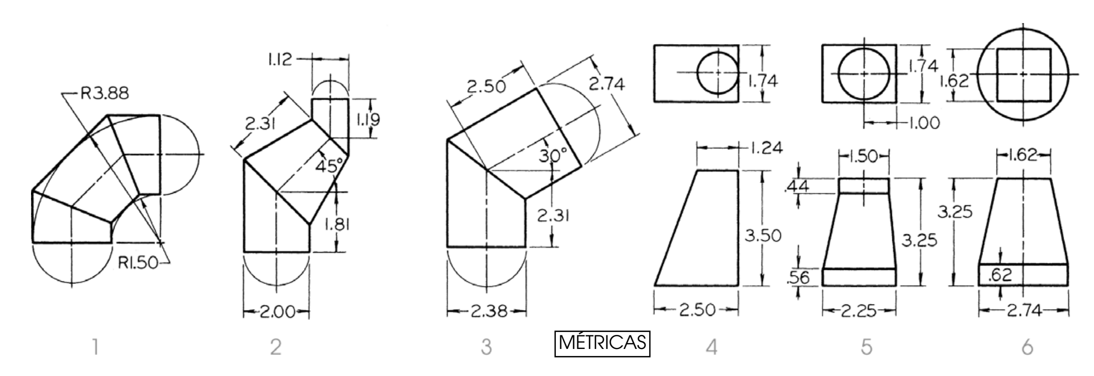
■ **FIGURA 8.74** ■ Dibuje las vistas dadas y desarrolle la superficie lateral (Esquema A3-3 o B-3).



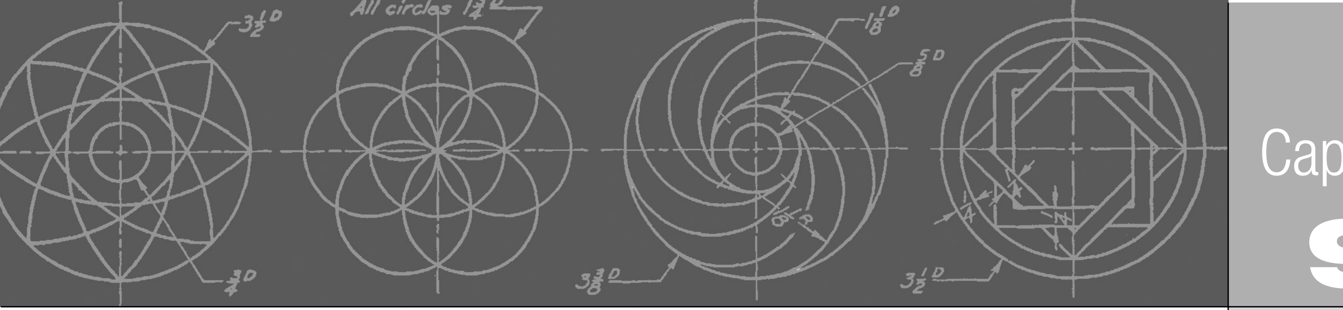
■ **FIGURA 8.75** ■ Dibuje las vistas dadas y desarrolle la superficie lateral (Esquema A3-3 o B-3).



■ **FIGURA 8.76** ■ Dibuje las vistas dadas y desarrolle la superficie lateral (Esquema A3-3 o B-3).



■ **FIGURA 8.77** ■ Dibuje las vistas dadas y desarrolle las superficies laterales (Esquema A3-3 o B-3).



Capítulo
9

Dimensionamiento

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Usar las técnicas convencionales de dimensionamiento para describir y dar forma exacta a un dibujo de ingeniería.**
2. **Crear y leer un dibujo a una escala específica.**
3. **Colocar en forma correcta líneas de dimensión, líneas de extensión, ángulos y notas.**
4. **Usar sistemas de dimensionamiento alineados y unidireccionales.**
5. **Establecer las dimensiones de círculos, arcos y superficies inclinadas.**
6. **Identificar grados de precisión para operaciones de fabricación típicas.**
7. **Aplicar símbolos finales y notas a un dibujo.**

PANORAMA

*A menudo se menciona la "regla del pulgar" (*rule of thumb*); en realidad, en cierta época, una pulgada se definía como la anchura de un pulgar y un pie era simplemente la longitud del pie de un hombre. En la antigua Inglaterra, una pulgada solía ser "tres granos de cebada, redondos y secos"; En el tiempo de Noé y el arca, el cúbito era la longitud del antebrazo de un hombre (alrededor de 18 pulgadas).*

En 1791, Francia adoptó el **metro** (1 metro = 39.37 pulg, 1 *pulg* = 25.4 mm), *a partir del cual evolucionó el sistema métrico. Mientras tanto, Inglaterra establecía una medición más precisa de la* **yarda**, *que fue definida de manera legal en 1824 mediante un decreto del Parlamento. Un pie se definió como un tercio de una yarda, y una pulgada como la trigésimosexta parte de una yarda. A partir de estas especificaciones, se han desarrollado reglas graduadas, escalímetros y muchos tipos de dispositivos de medición, con lo que se logra una mayor exactitud en las mediciones e inspecciones.*

Hasta el siglo XX, se consideró que las fracciones comunes eran adecuadas para las dimensiones. Después, conforme los diseños se volvieron más complicados y las partes intercambiables se convirtieron en una necesidad para sostener la producción en masa, se requirieron especificaciones más precisas, lo que condujo al sistema de pulgadas decimales o al SI (sistema internacional).

Hasta ahora ha aprendido a crear dibujos para describir forma y posición de los objetos diseñados. Las dimensiones y notas describen el tamaño, el terminado y otros procesos de fabricación en el dibujo, de tal forma que el objeto quede total y precisamente definido. Las dimensiones describen el tamaño y la ubicación de los elementos de un objeto. Por lo general, las organizaciones indican con exactitud cuáles dimensiones deben aparecer y las reglas generales para su selección y colocación en el dibujo, pero se requiere cierta habilidad para establecer las dimensiones de forma que su interpretación sea clara y precisa.

La capacidad de los sistemas CAD para dimensionar dibujos de manera automática ha mejorado sustancialmente y actualmente permiten presentar las dimensiones exactas con apego a los estándares pertinentes; sin embargo, no son buenos para seleccionar la dimensión que debe mostrarse o decidir dónde colocarla dentro de un dibujo. Lo anterior requiere de un nivel de inteligencia que no forma parte de la mayoría de los sistemas CAD.

9.1 ▪ SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

El acelerado crecimiento actual de la ciencia y el comercio mundial ha promovido el establecimiento de un sistema internacional de unidades (***sistema SI***) útil para realizar mediciones en las ciencias físicas y biológicas, y en ingeniería. Las siete unidades básicas de medición son el metro (longitud), el kilogramo (masa), el segundo (tiempo), el ampere (corriente eléctrica), el kelvin (temperatura termodinámica), el mol (cantidad de sustancia) y la candela (intensidad luminosa).

El sistema SI se utiliza cada vez más en Estados Unidos, especialmente por parte de las diversas compañías multinacionales en las industrias química, electrónica y mecánica. En este momento se realiza un enorme esfuerzo para convertir todos los estándares del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (*ANSI, American National Standards Institute*) a unidades del SI de conformidad con las normas de la Organización Internacional de Estándares (*ISO, International Standards Organization*).

9.2 ▪ DESCRIPCIÓN DEL TAMAÑO

Hasta ahora ha aprendido a describir por completo la forma de un objeto. La necesidad de partes intercambiables es la base del ***dimensionamiento*** moderno (consulte ANSI/ASME Y14.5M-1994). El dibujo actual debe dimensionarse para que el personal de producción de todo el mundo pueda fabricar partes que se ajusten de manera adecuada al realizar el ensamblaje o cuando se utilicen como refacciones.

La creciente necesidad de fabricar e intercambiar partes en forma precisa ha transferido la responsabilidad del control del tamaño al ingeniero de diseño. El trabajador de producción ya no debe asumir la responsabilidad de que las partes se ajusten entre sí, sino sólo la de interpretar adecuadamente las instrucciones dadas en el dibujo. El diseñador debe estar familiarizado con los materiales y los requisitos de producción para crear dibujos que definan de manera exacta lo que se desea fabricar.

Un dibujo enviado a producción debe mostrar el objeto terminado y contener toda la información necesaria para especificar la parte final. Al momento de dimensionar un dibujo, tenga en mente la pieza terminada, el proceso de producción requerido y, sobre todo, la función de la parte en el ensamble total. Siempre que sea posible, proporcione dimensiones convenientes para producir la parte. Dé dimensiones suficientes para que no sea necesario escalar el dibujo o suponer algunas dimensiones. No establezca dimensiones para puntos o superficies a los que el trabajador no tenga acceso. Las dimensiones no deben duplicarse o ser superfluas. Proporcione sólo aquellas dimensiones que sean necesarias para producir e inspeccionar la parte de acuerdo con las especificaciones de diseño. Tenga en mente que las dimensiones empleadas para *elaborar el dibujo* no son necesariamente las dimensiones requeridas para *fabricar e inspeccionar la parte* con facilidad. Proporcione dimensiones funcionales que puedan interpretarse y ayudar a la elaboración de la parte de acuerdo a lo que se desee construir.

9.3 ▪ ESCALA DEL DIBUJO

Por lo general, los dibujos están hechos a una escala indicada en el cuadro de títulos mediante los métodos descritos en el capítulo 3. La escala ayuda a visualizar el objeto si se tiene una idea aproximada de su tamaño, aun cuando no se requiera escalarlo dada una dimensión. Muchos cuadros de títulos normales incluyen una nota del tipo "No escale el dibujo".

Cuando se tiene una dimensión que no está a escala, debe dibujarse una línea recta gruesa debajo de ésta o agregarse la abreviatura SE (sin escala). Cuando un cambio realizado en un dibujo no es suficientemente importante como para justificar la corrección del mismo, la práctica consiste en cambiar sólo la dimensión. Si una dimensión no se ajusta a la apariencia del dibujo, la parte se elabora de acuerdo con la dimensión y no con el dibujo. Muchos fabricantes confirmarán que el dibujo es correcto si parece haber un error; sin embargo, es responsabilidad del diseñador especificar con exactitud lo que se desea construir. Cuando se prepara un dibujo en un sistema CAD, es necesario asegurar que las dimensiones estén definidas de acuerdo con las normas apropiadas. Como la edición de dibujos en CAD es muy fácil, por lo general, cuando se realizan cambios debe arreglarse la geometría del dibujo y no sólo cambiar los valores de la dimensión.

9.4 ▪ APRENDIZAJE DEL DIMENSIONAMIENTO

Las dimensiones se dan en la forma de distancias, ángulos y notas, y en distintos sistemas de unidades. Para dibujos en CAD, la capacidad de dimensionar en forma adecuada es en milímetros, pulgadas decimales o fracciones de pulgadas que requiere lo siguiente:

1. *Técnica de dimensionamiento*. El estándar para la apariencia de las líneas, el espaciado de las dimensiones, el tamaño de las puntas de las flechas, etcétera, permite que los demás interpreten sus dibujos. La figura 9.1 muestra un dibujo dimensionado típico. Observe el fuerte contraste entre las líneas visibles del objeto y las líneas delgadas utilizadas para el dimensionamiento.
2. *Colocación de las dimensiones*. Utilice una colocación lógica de las dimensiones de acuerdo con las prácticas estándar para que sean legibles, y sea fácil encontrarlas e interpretarlas.
3. *Elección de dimensiones*. Las dimensiones que se eligen para ser mostradas afectan la manera en que se fabrica el objeto diseñado. En el pasado, se consideraba que los procesos de fabricación eran el factor determinante del dimensionamiento; ahora se considera en primer lugar al funcionamiento y en segundo a los procesos de manufactura. Primero se dimensiona para el funcionamiento y después se revisan las dimensiones para ver si pueden hacerse mejoras con fines de manufactura sin afectar de manera adversa el resultado final. La utilización de un "desglose geométrico" ayuda a la selección de las dimensiones. Por lo general, las dimensiones determinadas a partir de un desglose geométrico estarán definidas por la función de la parte, pero es necesario analizar en forma lógica los requisitos funcionales de la parte en el ensamble.

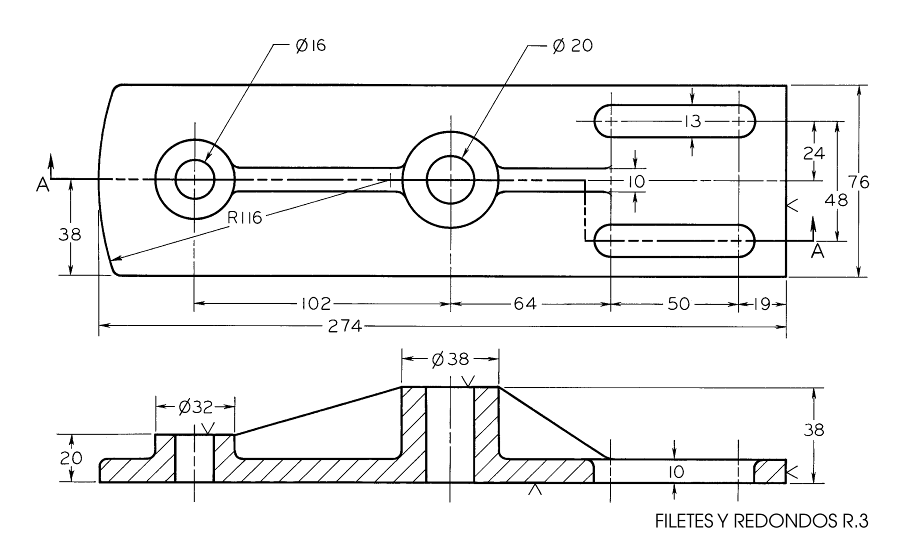
En la figura 9.1b se muestra un dibujo de CAD dimensionado. Aunque el CAD puede ser una gran ayuda para la técnica de dimensionamiento adecuada, el diseñador debe proporcionar la inteligencia para elegir y colocar las dimensiones y así crear un dibujo que comunique con claridad el diseño.

9.5 ▪ TOLERANCIA

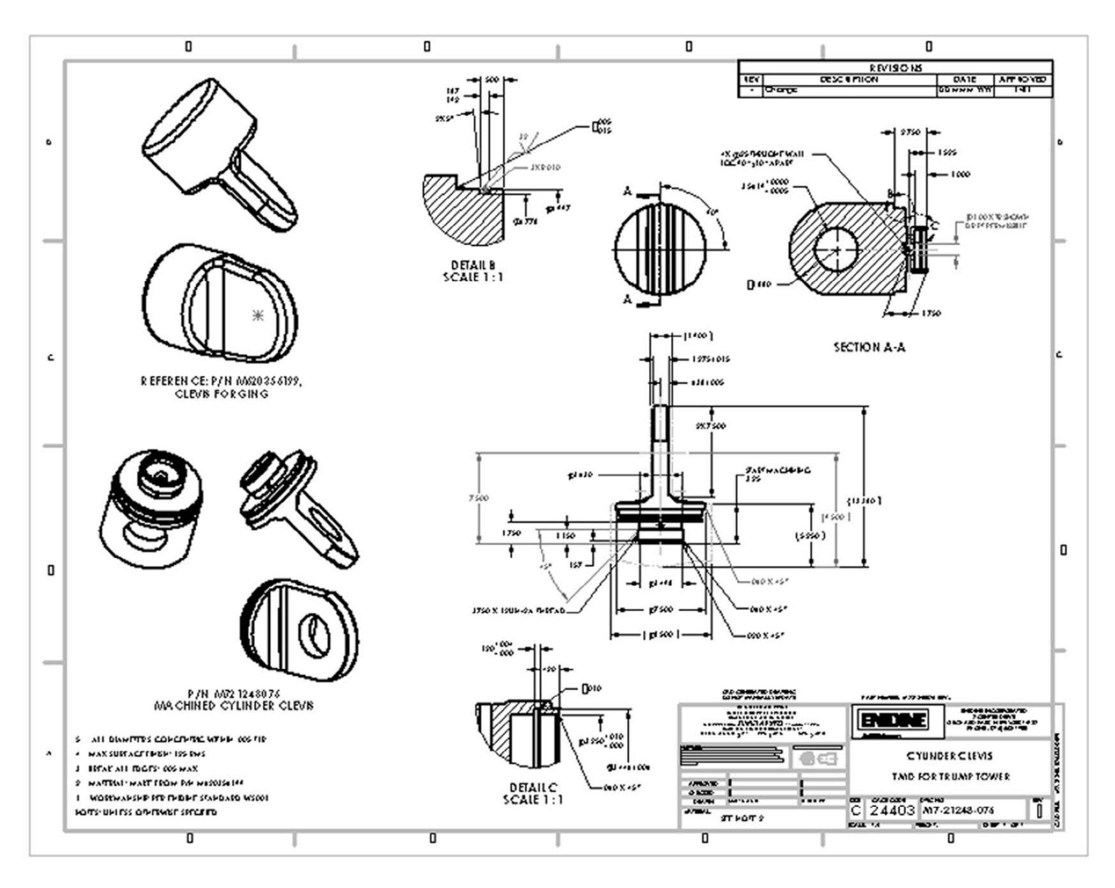
Las dimensiones de un objeto terminado, pueden variar un poco respecto a la dimensión especificada exacta. La ***tolerancia*** es la cantidad total permitida para un elemento de una parte terminada puede variar respecto a lo especificado (el siguiente capítulo analiza una serie de formas para especificar tolerancias). Es importante tener una buena comprensión de la tolerancia para entender el dimensionamiento, en especial cuando se elige cuál dimensión debe mostrarse. Por ahora, tenga en mente que la tolerancia puede especificarse, en general, colocando en el dibujo una nota como "Tolerancias ±.01, a menos que se especifique lo contrario".

9.6 ▪ LÍNEAS UTILIZADAS EN EL DIMENSIONAMIENTO

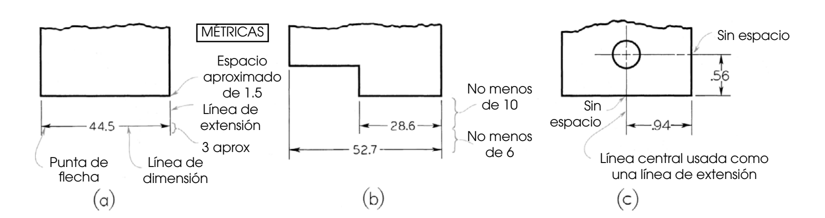
Una ***línea de dimensión*** es una línea delgada, oscura y sólida que termina en punta de flecha, lo que indica la dirección y extensión de una dimensión. Por lo general, en los dibujos de máquinas, la línea de dimensión se interrumpe cerca del



■ **FIGURA 9.1a** ■ Técnica de dimensionamiento. Dimensiones en milímetros.



■ **FIGURA 9.1b** ■ Las vistas y dimensiones pueden generarse de manera automática a partir de un modelo sólido, como se muestra en este dibujo producido mediante el uso de SolidWorks.



■ **FIGURA 9.2** ■ Técnica de dimensionamiento.

centro para colocar el valor de la dimensión. En los dibujos estructurales y arquitectónicos, el valor de la dimensión se coloca encima de una línea de dimensión continua.

Como en la figura 9.2b lo ilustra, la línea de dimensión más cercana al borde del objeto debe estar a una distancia mínima de 10 mm (3/8 pulg). El resto de las líneas de dimensión paralelas deben estar a una distancia de al menos 6 mm (1/4 pulg) o más si hay espacio disponible. *El espaciado de las líneas de dimensión debe ser uniforme en todo el dibujo.*

Una ***línea de extensión*** es una línea delgada, oscura, sólida que se extiende desde un punto en el dibujo al cual hace referencia una dimensión. La línea de dimensión se une a las líneas de extensión en ángulos rectos, excepto en casos especiales. Debe dejarse un espacio de alrededor de 1.5 mm (1/16 pulg) en los puntos donde la línea de extensión se uniría al borde del objeto. La línea de extensión debe extenderse alrededor de 3 mm (1/8 pulg) más allá de la punta de flecha exterior.

Las dimensiones precedentes para la altura y el espaciado en textos deben incrementarse aproximadamente un 50 por ciento para dibujos que se reducen a un medio de su tamaño con fines de impresión. De otra forma, los letreros y el dimensionamiento casi nunca serán legibles.

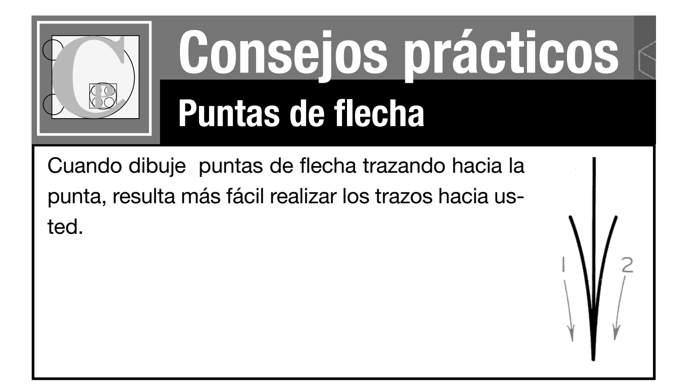
Una ***línea central*** es una línea delgada, oscura en la que se alternan segmentos largos y cortos. Las líneas centrales se usan comúnmente como líneas de extensión para localizar orificios y otros elementos simétricos. Cuando se extienden para realizar dimensionamiento, las líneas centrales cruzan sobre las otras líneas del dibujo sin espacios. Las líneas centrales siempre deben terminar en un segmento largo. Para ver ejemplos de las líneas que se utilizan en el dimensionamiento, consulte la figura 9.2.

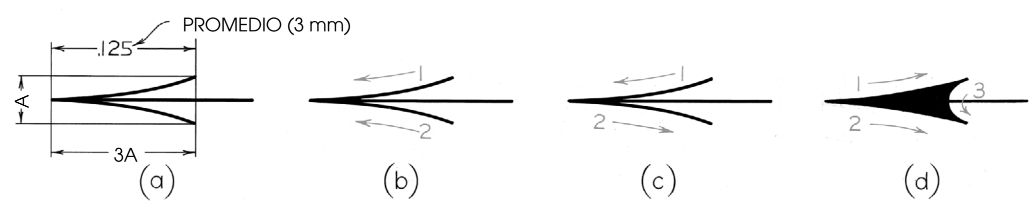
9.7 ■ PUNTAS DE FLECHA

Las puntas de flecha de la figura 9.3 indican la extensión de las dimensiones. Éstas deben tener un tamaño y un estilo uniforme en todo el dibujo; es decir, no deben variar de acuerdo con el tamaño del dibujo o la longitud de las dimensiones. Bosqueje las puntas de flecha a mano alzada de manera que exista una razón 3:1 entre longitud y anchura. La longitud de las puntas de flecha debe ser igual a la altura de los valores de la dimensión (alrededor de 3 mm o 1/8 pulg). Para lograr una mejor apariencia rellene la punta de flecha (figura 9.3d).

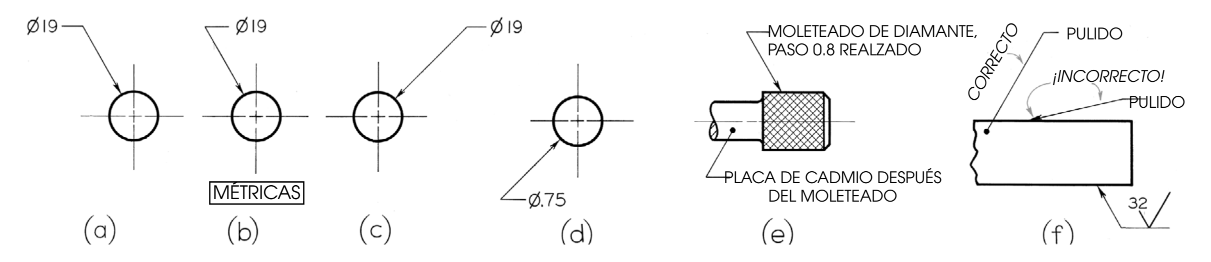
9.8 ■ LLAMADAS

Una ***llamada*** es una línea delgada y sólida que dirige la atención a un texto o dimensión y que inicia con una punta de flecha o un punto. Utilice una punta de flecha para iniciar la llamada cuando se pueda apuntar a una línea en el dibujo, como el borde de un orificio; use un punto para iniciar la lla-





■ **FIGURE 9.3** ■ Puntas de flecha.



■ **FIGURA 9.4** ■ Llamadas.

mada cuando se trate de localizar algo dentro del borde del objeto. Una llamada debe ser una línea recta inclinada que forme un ángulo grande, excepto para el elemento horizontal corto (alrededor de 6 mm o 1/4 pulg) que se extiende desde el centro de la primera o última línea del letrero de la nota. Una llamada a un círculo debe ser una línea radial que pase a través del centro del círculo (figura 9.4).

Para lograr una mejor apariencia, haga llamadas:

- Cercanas entre sí y paralelas.
- Que crucen tan pocas líneas como sea posible.

No haga llamadas.

- Paralelas a líneas cercanas del dibujo.
- A través de una esquina de la vista.
- Que se crucen entre sí.
- Más largas de lo necesario.
- Horizontales o verticales.

9.9 ■ DIRECCIÓN DE LAS DIMENSIONES

La figura 9.5 muestra los dos sistemas de dirección de lectura para valores de dimensión. En el sistema preferido y aprobado por el ANSI, el ***sistema unidireccional***, todas las notas con cifras de dimensión tienen una dirección horizontal y se leen desde la parte baja de la hoja. Este sistema es más fácil de utilizar y leer, en especial en dibujos grandes. En el ***sistema alineado***, todas las cifras de dimensión se alinean con las líneas de dimensión de manera que se puedan leer desde abajo o desde el lado derecho de la hoja. En este sistema, las líneas de dimensión no deben correr en las direcciones incluidas en el área sombreada de la figura 9.6.

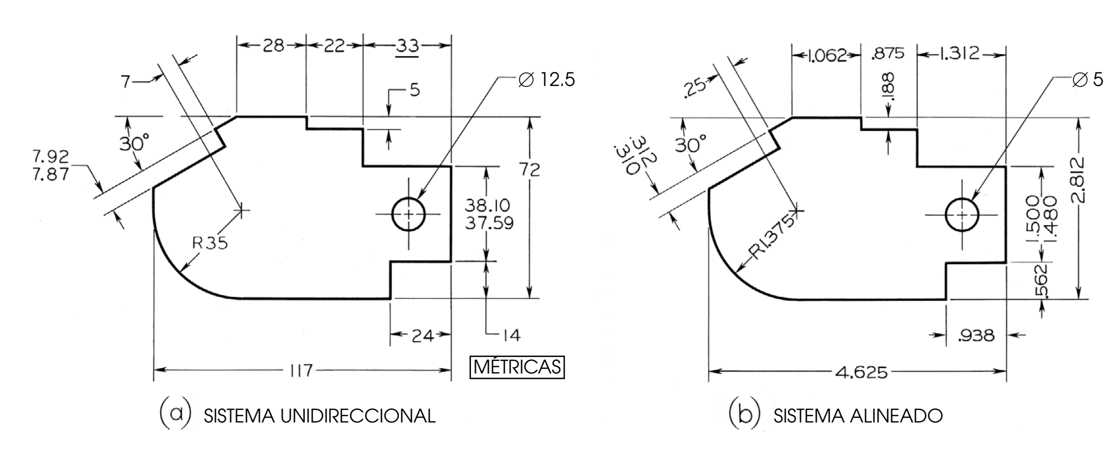
En ambos sistemas, las dimensiones y notas mostradas con llamadas se alinean con la parte baja del dibujo. Las notas sin llamadas también deben estar alineadas con la parte baja del dibujo.

9.10 ■ DIMENSIONES FRACCIONARIAS, DECIMALES Y MÉTRICAS

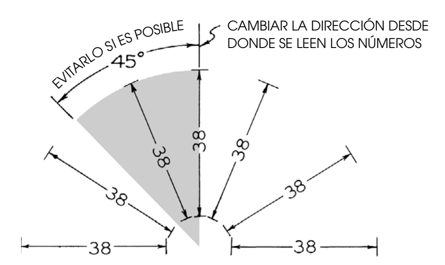
En los primeros días de la fabricación de maquinas en Estados Unidos, los trabajadores escalaban los dibujos de diseños no dimensionados para encontrar las medidas necesarias. Era su responsabilidad lograr que las partes se ajustaran de manera adecuada.

Los trabajadores eran muy hábiles y precisos, por lo que se obtenían excelentes ajustes. Con frecuencia, las máquinas construidas a mano eran hermosos ejemplos de artesanía de precisión.

El sistema de unidades y fracciones comunes aún se utiliza en el trabajo arquitectónico y estructural, en los cuales la exactitud es relativamente poco importante y se utiliza el flexómetro o la escuadra enmarcada para leer las medidas. A menudo, los dibujos arquitectónicos y estruc-



■ **FIGURA 9.5** ■ Sistemas de dirección de lectura.



■ **FIGURA 9.6** ■ Dirección de las dimensiones.

turales se dimensionan de esta manera, y los materiales adicionales, como tubería y madera, se identifican mediante tamaños nominales estándar que son muy cercanos a las dimensiones reales.

Conforme la industria avanzó, hubo una demanda cada vez más grande de especificaciones más precisas para las dimensiones funcionales importantes, que tienen una precisión que excede 1/64 pulg que los escalímetros de ingeniería, arquitectura y de maquinaria proporcionan. Como el uso de fracciones menores a 1/64 pulg resultaba engorroso, se volvió común dar dimensiones decimales, como 4.2340 y 3.815, para las dimensiones que requieren una mayor exactitud. Sin embargo, algunas dimensiones, como los tamaños nominales estándar de materiales, orificios perforados, agujeros taladrados, roscas, cuñeros y otros elementos aún se expresan en números enteros y fracciones comunes.

Los dibujos pueden dimensionarse por completo con números enteros y fracciones comunes, completamente con decimales o con una combinación de los dos. Sin embargo, la práctica más reciente es, como lo recomienda el ANSI, utilizar el sistema métrico y el de pulgadas decimales. Los milímetros y las pulgadas en notación decimal pueden sumarse, restarse, multiplicarse y dividirse más fácilmente que las fracciones. Si desea conocer las equivalencias entre pulgadas, milímetros y fracciones comunes, consulte la tercera de forros de este libro.

9.11 ■ SISTEMAS DECIMALES

Un sistema decimal basado en milímetros o pulgadas decimales tiene muchas ventajas y es compatible con la mayoría de los dispositivos de medidas y herramientas de maquinaria. El milímetro es la unidad utilizada comúnmente para la mayoría de los dibujos de ingeniería. Para facilitar el cambio a dimensiones métricas, muchos dibujos están dimensionados de manera dual en milímetros y pulgadas decimales.

El ***dimensionamiento decimal completo*** utiliza decimales para todas las dimensiones excepto donde ciertos materiales, como tuberías y madera, se identifican mediante diseños nominales estandarizados. En estos sistemas, cuando se debe presentar una fracción con la exactitud suficiente, se utilizan dos posiciones decimales para las pulgadas o una posición decimal para los milímetros. El ***dimensionamiento combinado*** utiliza decimales para todas las dimensiones excepto para los tamaños nominales de partes o elementos, como pernos, roscas de tornillo, cuñeros u otros artículos que usan designaciones fraccionarias estándar (ANSI/ASME Y14.5M-1994).

Cuando se permiten límites de tolerancia de ±0.1 mm o más, se utiliza una posición decimal en los milímetros; para límites de tolerancia menores a ±0.1 mm se usan dos posiciones decimales o más. Cuando se determina el número de posiciones que debe conservarse durante la conversión a milímetros, se considera que las fracciones tienen la misma tolerancia que dos posiciones decimales en las pulgadas. Tenga en mente que 0.1 mm es aproximadamente igual a 0.004 pulgada.

Cuando se permiten límites de tolerancia de ±0.010 pulg o más, se utilizan dos posiciones decimales en las pulgadas; para límites de tolerancia menores a ±0.010 pulg, se usan tres posiciones decimales o más. Cuando se utilizan dos posiciones decimales, el segundo sitio debe ser de preferencia un dígito par (por ejemplo, .02, .04 y .06 se prefieren a .01, .03 o .05) de forma que cuando la dimensión se divida entre 2 (por ejemplo, cuando se determina el radio a partir de un diámetro), el resultado aún tenga dos posiciones decimales. Sin embargo, también se utilizan números impares en esta posición cuando esto es necesario para propósitos de diseño, como en el dimensionamiento de puntos en una curva suave o cuando la fuerza o la holgura representan un factor importante.

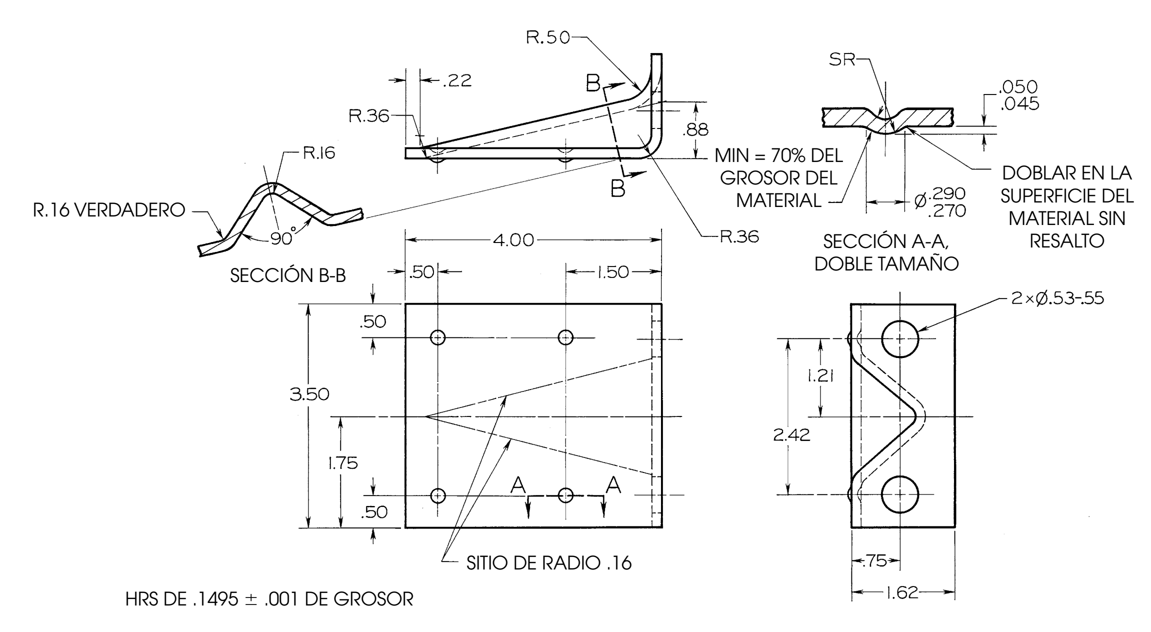
La figura 9.7 presenta un ejemplo típico del uso del sistema de dimensionamiento completo en pulgadas decimales; la 9.8 muestra el uso del sistema preferido con décimas de milímetro.

Aplique la siguiente regla para redondear un valor y obtener menos posiciones decimales, independientemente de la medida que está en pulgadas decimales o en milímetros.

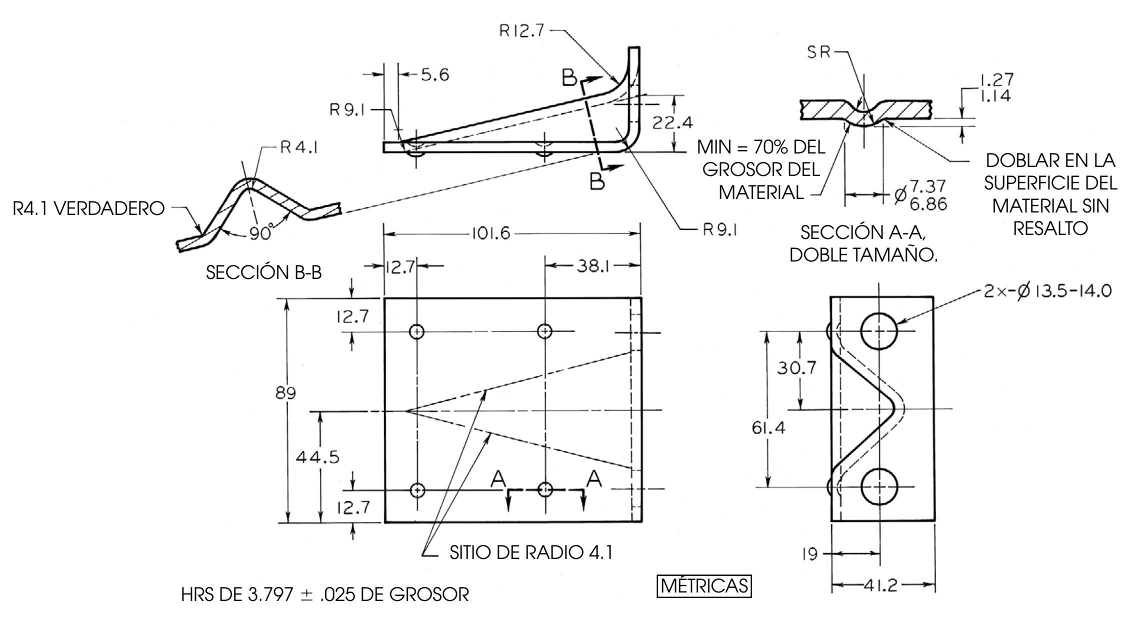
- Si el número que sigue de la posición de redondeo es un 5, redondee a un número par.
- Si el número que sigue de la posición de redondeo es menor a 5, no haga ningún cambio.
- Si el número que sigue de la posición de redondeo es mayor a 5, redondee hacia arriba.

Enseguida se presentan algunos ejemplos:

- 3.46325 se convierte en 3.463 cuando se redondea a tres posiciones decimales.
- 8.37652 se convierte en 8.377 cuando se redondea a tres posiciones decimales.
- 4.365 se convierte en 4.36 cuando se redondea a dos posiciones decimales.
- 4.355 se convierte en 4.36 cuando se redondea a dos posiciones decimales.



■ **FIGURA 9.7** ■ Dimensionamiento decimal completo.



■ **FIGURA 9.8** ■ Dimensionamiento métrico completo.

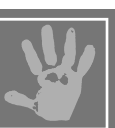
9.12 ■ VALORES DE DIMENSIÓN

La elaboración de buenos letreros a mano alzada es importante para los valores de dimensión en los bosquejos. El taller produce de acuerdo con las instrucciones del dibujo; si se desea ahorrar tiempo y evitar errores costosos, todos los letreros deben ser perfectamente legibles.

No acumule cifras de dimensión en espacios limitados, lo que podría hacerlas poco legibles. Existen técnicas para mostrar valores de dimensión fuera de líneas de extensión o en combinación con llamadas. Cuando no haya espacio suficiente para la cifra y la línea de dimensión dentro de las líneas de extensión, emplee los métodos que

altura 3
6
0.2
1.5
12
1.5
(c) (d) (e) (f)

■ **FIGURA 9.9** ■ Cifras de dimensión. Dimensiones métricas.



Manos a la obra 9.1

Técnica de dimensionamiento

Bosqueje líneas, flechas, llamadas, valores de dimensión y espacios con tamaños similares a los ejemplos que se muestran a la izquierda.

Ø 19 PAS

120

Ø 0.75

4.375 ± 0.003

30°

0.76R

3 ORIFICIOS M18 X 2.5

■ **FIGURA 9.10** ■ Cifras de dimensión decimal. Dimensiones métricas (a)-(d).

la figura 9.9 muestra. Si es necesario, puede dibujarse una vista parcial desplazada (o de detalle) a una escala mayor para proporcionar el espacio necesario para lograr un dimensionamiento claro.

Marque todos los puntos decimales con claridad, con un espacio amplio. Cuando la dimensión métrica sea un número entero, no muestre ni un punto decimal ni un cero. Cuando la dimensión métrica sea menor que 1 mm, un cero debe preceder al punto decimal. Cuando la dimensión sea mayor a un número entero por una fracción de 1 mm, el último dígito a la derecha del punto decimal no va seguido de un cero, excepto cuando se expresan tolerancias. Las figuras de la 9.10a a la 9.10d muestran ejemplos de valores correctos de dimensiones métricas.

Cuando se utilicen dimensiones con décimas de pulgada en los dibujos, no debe utilizarse un cero antes del punto decimal en los valores menores a una pulgada. La dimensión de pulgada decimal se expresa con el mismo número de posiciones decimales que su tolerancia. Cuando es necesario, se agregan ceros a la derecha del punto decimal. Las figuras de la 9.10a a la 9.10j muestran ejemplos de valores correctos de dimensiones decimales.

Nunca escriba un valor de dimensión sobre alguna línea del dibujo; si es necesario, rompa la línea. Si es posible, coloque los valores de dimensión fuera de las áreas seccionadas. Cuando una dimensión deba colocarse sobre un área seccionada, deje una abertura en las líneas de la sección para la cifra de dimensión. Para observar dimensiones en vistas seccionadas consulte la figura 9.11.

En un grupo de líneas de dimensión paralelas, los números deben estar alternados como en la figura 9.12a, y no encimados como en la figura 9.12b.

DIMENSIONAMIENTO DUAL El dimensionamiento dual se utiliza para mostrar dimensiones métricas y pulgadas decimales en el mismo dibujo. A continuación se describen dos métodos para desplegar dimensiones duales.

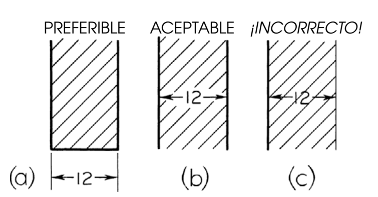
MÉTODO DE POSICIÓN La dimensión en milímetros se coloca debajo de la dimensión en pulgadas, y las dos están separadas por una línea de dimensión o mediante una línea adicional cuando se utiliza el sistema unidireccional de dimensionamiento. Un acomodo alternativo es que la dimensión en milímetros se coloque a la izquierda de la

Manos a la obra 9.2

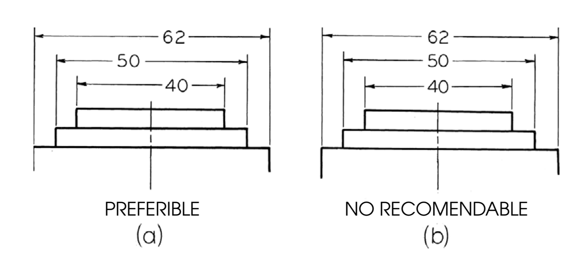
Redondeo de valores de dimensión

Utilice las reglas que ha aprendido para redondear los siguientes números:

Número	Redondear a dos decimales	Redondear a tres decimales
4.2885		
76.4935		
23.2456		
11.7852		
9.0348		



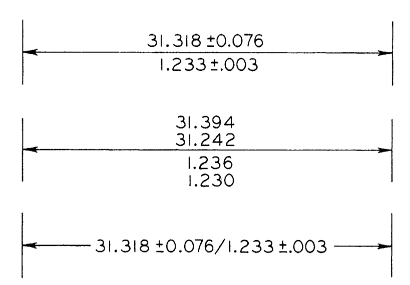
■ **FIGURA 9.11** ■ Dimensiones y líneas de sección. Métricas.



■ **FIGURA 9.12** ■ Números alternados. Métricos.

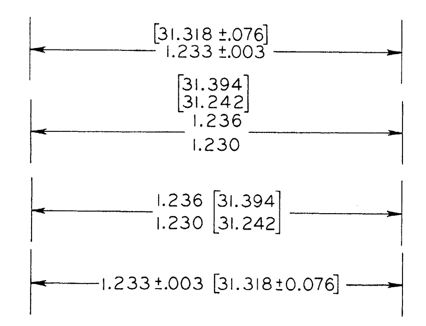
dimensión en pulgadas, donde las dos están separadas por una diagonal o barra. También es aceptable la colocación de la dimensión en pulgadas encima o a la izquierda de la dimensión en milímetros. Cada dibujo debe ilustrar la identificación de la dimensión como $\frac{\text{MILÍMETRO}}{\text{PULGADA}}$ o MILÍMETROS/PULGADAS.

EJEMPLOS



MÉTODO DE LOS CORCHETES En este método, la dimensión en milímetros se encierra entre corchetes [ ]. La ubicación de esta dimensión es opcional pero debería ser uniforme en cualquier dibujo; es decir, encima o por debajo, o bien a la izquierda o a la derecha de la dimensión en pulgadas. Cada dibujo debe incluir una nota para identificar los valores de dimensión como "LAS DIMENSIONES ENTRE () ESTÁN EN MILÍMETROS".

EJEMPLOS



9.13 ■ MILÍMETROS Y PULGADAS

Los ***milímetros*** se identifican mediante las letras minúsculas mm colocadas un espacio a la derecha de los números (por ejemplo, *12.5 mm*). Los **metros** se indican con la m minúscula. colocada en forma similar (*por ejemplo, 50.6 m.*). Las ***pulgadas*** se indican por el símbolo ″ colocado un poco arriba y a la derecha del número (por ejemplo, 2–1/2″). Los ***pies*** se indican mediante el símbolo ' colocado en forma similar (por ejemplo, 3′–0, 5′–6, 10′–0–1/4. La costumbre en estas expresiones es omitir el símbolo de las pulgadas.

La práctica estándar es omitir las designaciones de milímetros o los símbolos de pulgada en el dibujo, excepto cuando existe una posibilidad de confusión (por ejemplo, VÁLVULA 1 debería ser VÁLVULA 1″ Cuando se muestren algunas dimensiones en pulgadas dentro de un dibujo dimensionado en milímetros, la abreviatura pulg, debe ir enseguida de los valores a que hace referencia.

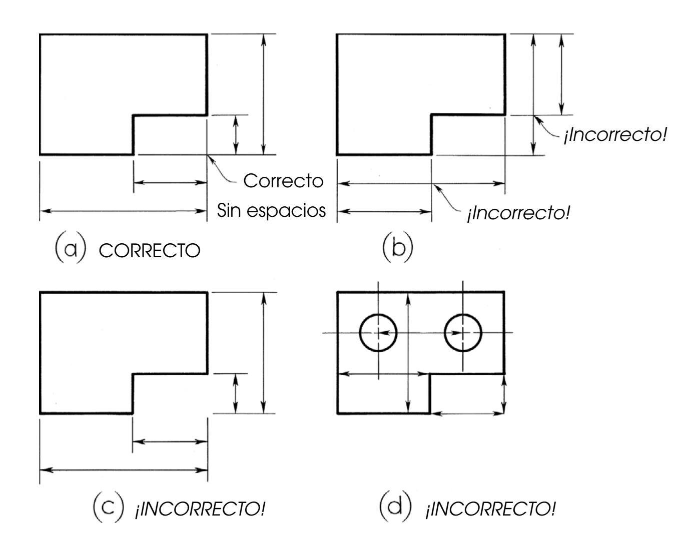
En algunas industrias, todas las dimensiones, sin importar el tamaño, se dan en pulgadas; en otras, las dimensiones hasta 72 pulg se dan en pulgadas y las dimensiones mayores a ese tamaño se dan en pies y pulgadas. En los dibujos estructural y arquitectónico, todas las dimensiones de 1 pie o más se expresan usualmente en pies y pulgadas.

Si es apropiado, los dibujos deben contener una nota donde se establezca: "Todas las dimensiones se expresan en milímetros (o pulgadas), a menos que se especifique lo contrario".

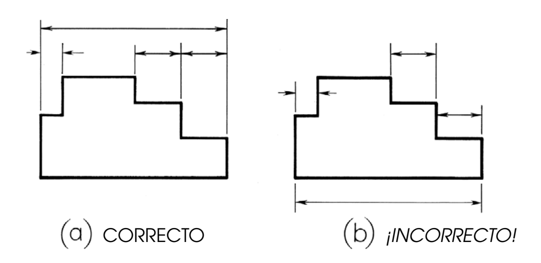
9.14 ■ COLOCACIÓN DE LAS DIMENSIONES Y LÍNEAS DE EXTENSIÓN

La figura 9.13a muestra la colocación correcta de las líneas de dimensión y las líneas de extensión. Las reglas para la colocación de las dimensiones ayudan en el dimensionamiento de dibujos de manera que éstos sean claros y legibles. También ayudan a localizar las dimensiones en lugares estándar, de tal forma que al fabricar la parte de un objeto no tenga que buscar una dimensión por todo un complicado dibujo. Además, las reglas pueden ayudar a evitar errores utilizando prácticas generales para un buen dimensionamiento. No siempre es posible seguir todas las reglas al pie de la letra, por ello, debe tenerse en mente que el objetivo es dimensionar el dibujo con claridad para que la parte se fabrique de acuerdo con las especificaciones. Las siguientes reglas generales ayudan a colocar las dimensiones de manera adecuada:

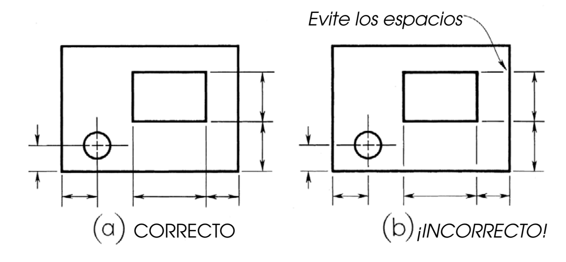
- Las líneas de dimensión no deben cruzar líneas de extensión (figura 9.13b). Es perfectamente aceptable que las líneas de extensión se crucen entre sí, pero éstas no deben acortarse (figura 9.13c).



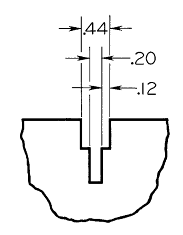
■ **FIGURA 9.13** ■ Líneas de dimensión y extensión.



■ **FIGURA 9.14** ■ Dimensiones agrupadas.

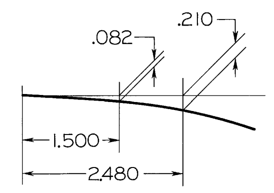


■ **FIGURA 9.15** ■ Dimensiones agrupadas.

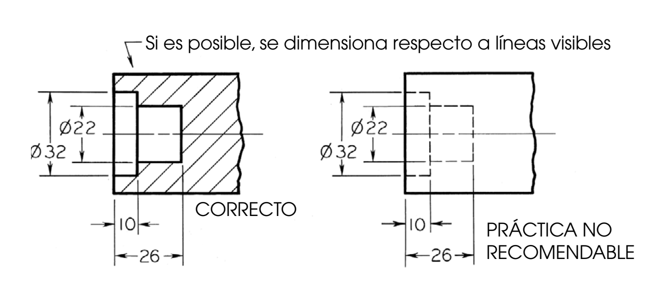


■ **FIGURA 9.16** ■ Colocación de dimensiones.

- Coloque las dimensiones más cortas más cerca del contorno del objeto.
- Las líneas de dimensión no deben coincidir con alguna línea del dibujo, o continuarla como en la figura 9.13d.
- Donde sea posible, evite cruzar líneas de dimensión.
- Las dimensiones deben alinearse y agruparse tanto como sea posible (figura 9.14).
- Cuando sea posible, coloque las dimensiones entre las vistas, pero unidas a una sola de las vistas. De esta forma resulta claro que la dimensión se relaciona con un elemento que puede verse en más de una vista.
- Las líneas de extensión y líneas centrales pueden cruzar líneas visibles del objeto para localizar dimensiones de elementos interiores. No deje un espacio en ninguna línea cuando se crucen líneas del objeto (figura 9.15b). Para ajustar las dimensiones en un área saturada, deje espacios en las líneas de extensión cerca de las puntas de flecha, de manera que las dimensiones se muestren con claridad (figura 9.16).
- Por lo general, las líneas de dimensión se dibujan en ángulos rectos respecto a las líneas de extensión, a menos que al mostrarlas de otra manera se mejore la claridad del dibujo (figura 9.17).
- Evite dimensionar respecto a líneas ocultas (figura 9.18).
- *Las dimensiones no deben colocarse en una vista a menos que al hacerlo se aumente la claridad del dibujo* (figura 9.19). A menudo, en dibujos complicados es necesario colocar dimensiones en una vista.



■ **FIGURA 9.17** ■ Colocación de dimensiones.



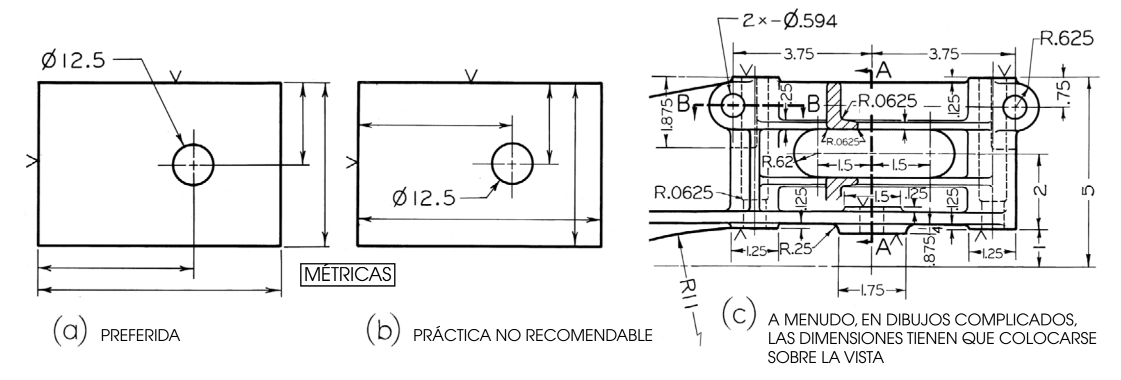
■ **FIGURA 9.18** ■ Colocación de dimensiones.

- Cuando se deba colocar una dimensión en un área con trama o sobre la vista, deje un hueco en la trama o haga un corte en las líneas para colocar los valores de dimensión (figuras 9.19b y 9.19c).
- Proporcione las dimensiones en el sitio donde se muestran las formas, es decir, donde se definen los contornos del objeto (figura 9.20). No agregue dimensiones a líneas visibles donde el significado no esté claro (como la dimensión 20 mostrada en la figura 9.20b).
- Por lo general, las notas para los orificios se colocan donde se vea la forma circular del orificio (figura 9.20a); pero se da el diámetro de una forma cilíndrica externa donde ésta aparece rectangular. De esta manera se encuentra cercana a la dimensión para la longitud del cilindro.
- Localice orificios en la vista que muestren con claridad la forma del orificio.

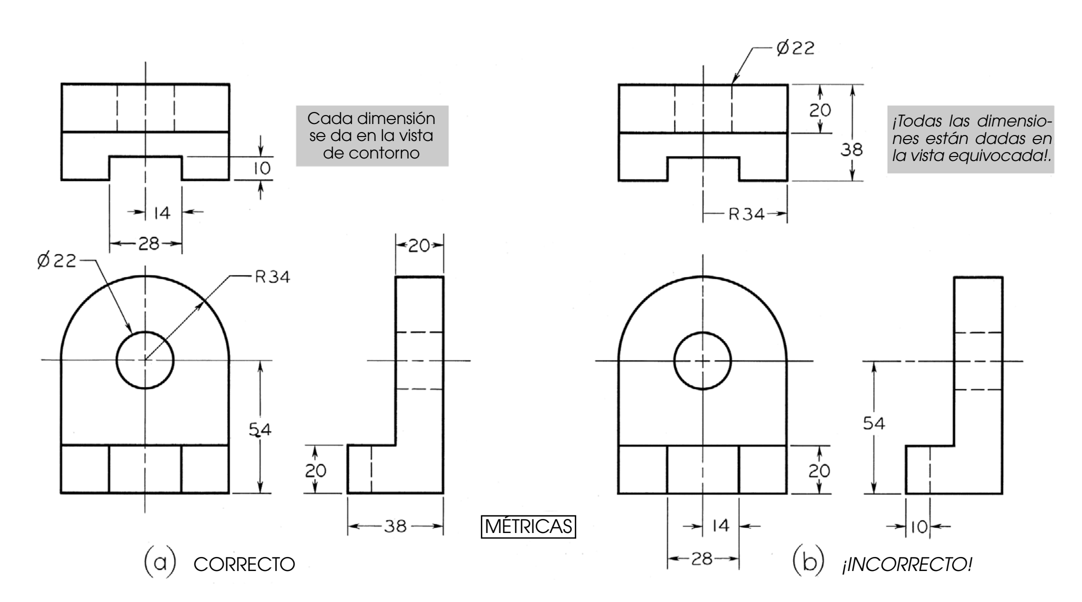
9.15 ■ ÁNGULOS DE DIMENSIONAMIENTO

Los ángulos deben dimensionarse en grados y una dimensión lineal (figura 9.21a). También pueden proporcionarse dimensiones coordenadas para los dos catetos de un triángulo rectángulo (figura 9.21b). El método coordenado es mejor cuando se requiere un alto grado de exactitud. Las variaciones en los grados de un ángulo son difíciles de controlar debido a que ésta se incrementa con la distancia desde el vértice. La figura 9.21 muestra los métodos para indicar ángulos. La tolerancia de los ángulos se analiza en el capítulo 10.

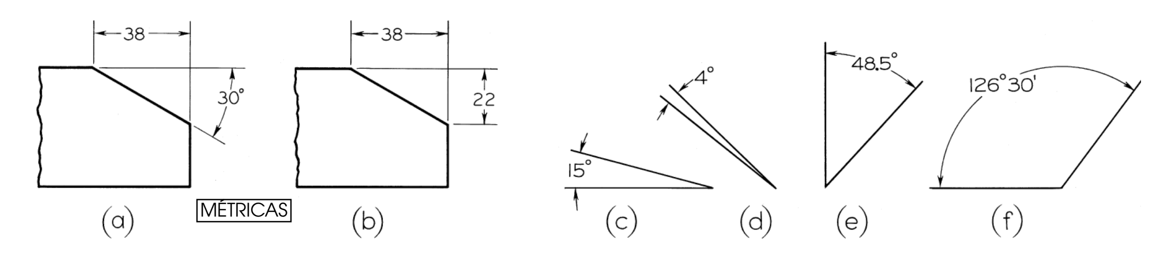
En los dibujos de ingeniería civil, la ***pendiente*** representa el ángulo respecto a la horizontal, mientras que la ***inclinación*** es el ángulo referido a la vertical. Ambas se expresan al hacer un miembro de la razón igual a 1 (figura 9.22). El ***nivel***, de una carretera, es similar a la pendiente pero se expresa en el porcentaje de elevación por cada



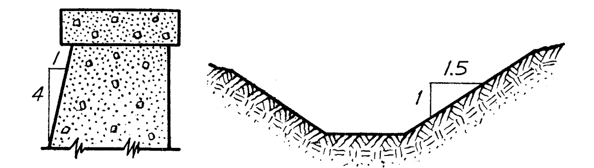
■ **FIGURA 9.19** ■ Dimensiones dentro o fuera de las vistas.



■ **FIGURA 9.20** ■ Dimensionamiento de contorno.



■ FIGURA 9.21 ■ Ángulos.



■ FIGURA 9.22 ■ Ángulos en proyectos de ingeniería civil.

100 pies de camino. Así, una elevación de 20 pies en un camino de 100 pies tiene un gradiente de 20 por ciento. En los dibujos estructurales, las medidas angulares proporcionan la razón del camino a la elevación, donde el tamaño más grande es de 12 pulg. Estos triángulos rectángulos se conocen como ***escuadras***.

9.16 ■ DIMENSIONAMIENTO DE ARCOS

Un arco circular se dimensiona en la vista donde éste se observa a tamaño real; para ello se da el valor de su radio precedido por la abreviatura R. Los centros pueden marcarse con pequeñas cruces para aclarar el dibujo, pero no para radios pequeños o poco importantes o para arcos no dimensionados. Cuando hay suficiente espacio, tanto el valor del radio como la flecha se colocan dentro del arco; o bien, la flecha deberá estar dentro del arco y el valor se coloca fuera, o los dos elementos se sacan del arco. Cuando existen líneas de sección u otras líneas en la trayectoria de este tipo de dimensionamiento, puede usarse una llamada y colocarla junto con el valor fuera de la sección con líneas o del área saturada. Para un radio grande, cuando el centro está fuera del espacio disponible, la línea de dimensión se dibuja hacia el centro real, pero puede indicarse un centro falso y "recorrer" la línea de dimensión hacia éste.

9.17 ■ FILETES Y REDONDEOS

Los filetes individuales y redondeos se dimensionan como los otros arcos. Si hay sólo unos cuantos y resulta obvio que tienen el mismo tamaño, se prefiere proporcionar un radio típico. Sin embargo, frecuentemente los filetes y redondeos son muchos, y casi siempre tienen un tamaño estándar, como los radios métricos R3 y R6, o R.125 y R.250 cuando se utilizan pulgadas decimales. En este caso, proporcione una nota general en la parte inferior del dibujo, como:

"FILETES R6 Y REDONDEOS R3 A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO",

o

"TODOS LOS RADIOS DE FUNDICIÓN R6 A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO",

o simplemente

"TODOS LOS FILETES Y REDONDEOS R6".

9.18 ■ DESGLOSE GEOMÉTRICO

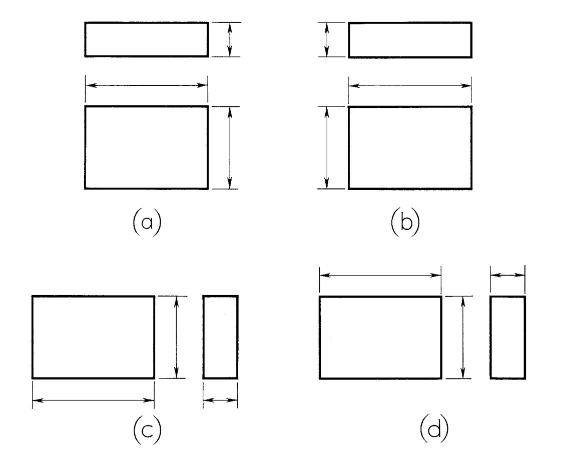
Las estructuras para ingeniería están compuestas en gran medida por formas geométricas simples, como el prisma, el cilindro, la pirámide, el cono y la esfera, como el Paso a paso 9.1 lo muestra. Estas formas pueden ser exteriores (positivas) o interiores (negativas). Por ejemplo, un eje de acero es un cilindro positivo y un orificio redondo es un cilindro negativo.

Estas formas resultan directamente de las necesidades de diseño (que mantienen las formas tan simples como sea posible) y de los requisitos de las operaciones fundamentales de manufactura. Las formas que contienen superficies planas se producen al aplanar, dar forma, fresar, etcétera, mientras que las formas que tienen superficies cilíndricas, cónicas o esféricas se producen al tornear, perforar, ensanchar, escariar, contrataladrar y otras operaciones rotativas, las cuales se estudiarán posteriormente en este capítulo.

El dimensionamiento de las estructuras ingenieriles implica dos pasos básicos:

1. Proporcionar las dimensiones que muestren los tamaños de las formas geométricas simples, llamadas ***dimensiones de tamaño***.
2. Proporcionar las dimensiones que ubican a cada elemento respecto a los demás, llamadas ***dimensiones de localización***. Observe que una dimensión de localización ubica un elemento geométrico tridimensional y no sólo una superficie; de otra manera, todas las dimensiones se clasificarían como dimensiones de localización.

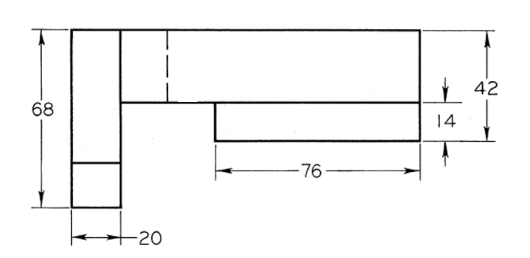
Este proceso de análisis geométrico ayuda a determinar las características del objeto y sus relaciones con los otros objetos; sin embargo, el dimensionamiento de la geometría no es suficiente por sí solo. También debe considerarse el funcionamiento de la parte en el ensamble y los requerimientos para la manufactura y fabricación en el taller.



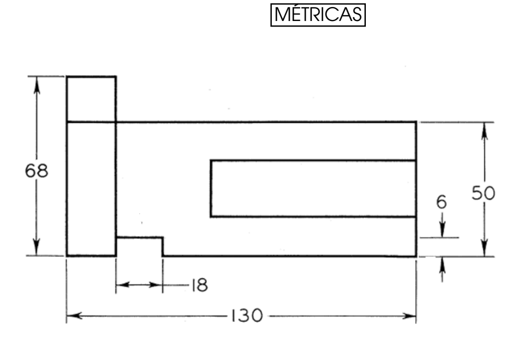
■ **FIGURA 9.23** ■ Dimensionamiento de prismas rectangulares.

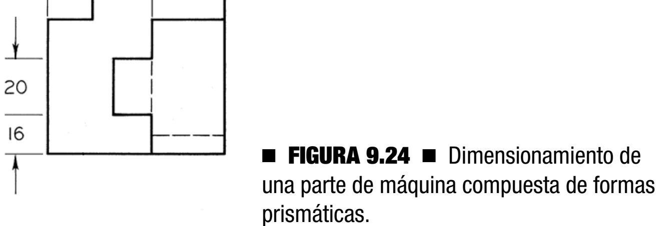
9.19 ■ DIMENSIONES DE TAMAÑO: PRISMAS

El prisma rectangular es probablemente la forma geométrica más común. Las vistas frontal y superior se dimensionan como lo muestra la (figuras 9.23a y 9.23b). Por lo general, la altura y la anchura se dan en la vista frontal, y la profundidad en la vista superior. Las dimensiones verticales pueden colocarse a la izquierda o derecha, usualmente en línea. Coloque la dimensión horizontal entre las vistas como se muestra en la figura (y no por encima de la vista superior o debajo de la vista frontal). Las vistas frontal y lateral deben dimensionarse (figuras 9.23c y 9.23d). La figura 9.24 muestra un ejemplo de las dimensiones de tamaño para una parte de máquina hecha por completo con prismas rectangulares.





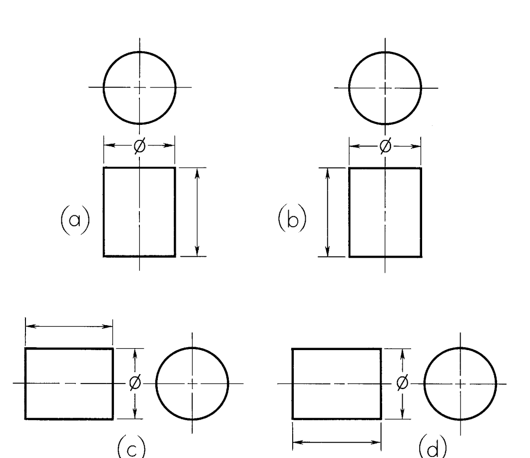




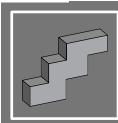
■ **FIGURA 9.24** ■ Dimensionamiento de una parte de máquina compuesta de formas prismáticas.

9.20 ■ DIMENSIONES DE TAMAÑO: CILINDROS

El cilindro circular recto es la siguiente forma geométrica utilizada más a menudo; comúnmente se encuentra como un eje o un orificio. Por lo general, los cilindros se dimensionan proporcionando el diámetro y la longitud donde el cilindro aparece como un rectángulo. Si el cilindro se dibuja en forma vertical, proporcione la longitud a la derecha o a la izquierda (figura 9.25). Si el cilindro se dibuja de manera horizontal, dé la longitud por encima o por debajo de la vista rectangular (figura 9.25). La figura 9.26 muestra algunos ejemplos. No utilice un diámetro diagonal dentro de



■ **FIGURA 9.25** ■ Dimensionamiento de cilindros.



Paso a paso 9.1

Dimensionamiento mediante desglose geométrico

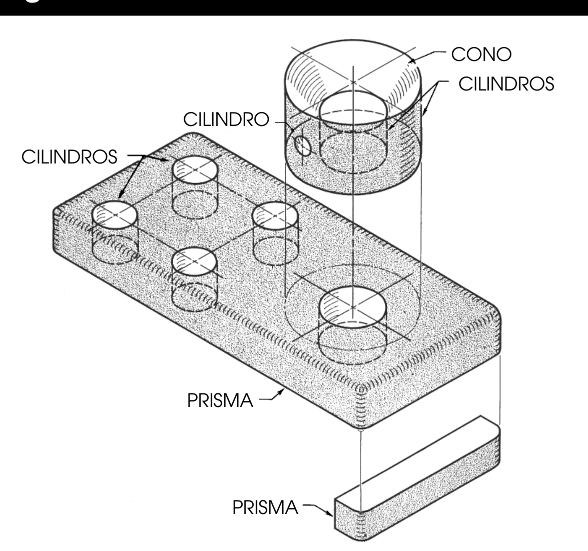


Para dimensionar el objeto mostrado en el dibujo isométrico de la derecha utilice el desglose geométrico de la siguiente manera:

1. Considere los elementos geométricos de la parte.

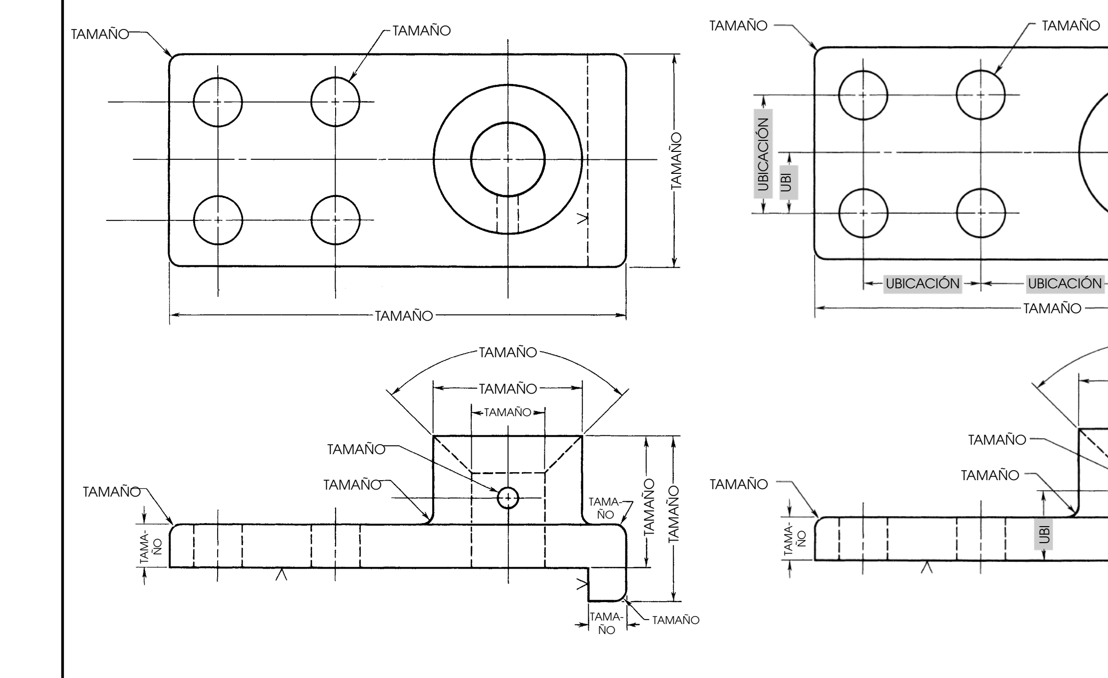
En este caso, los elementos que deben dimensionarse incluyen:

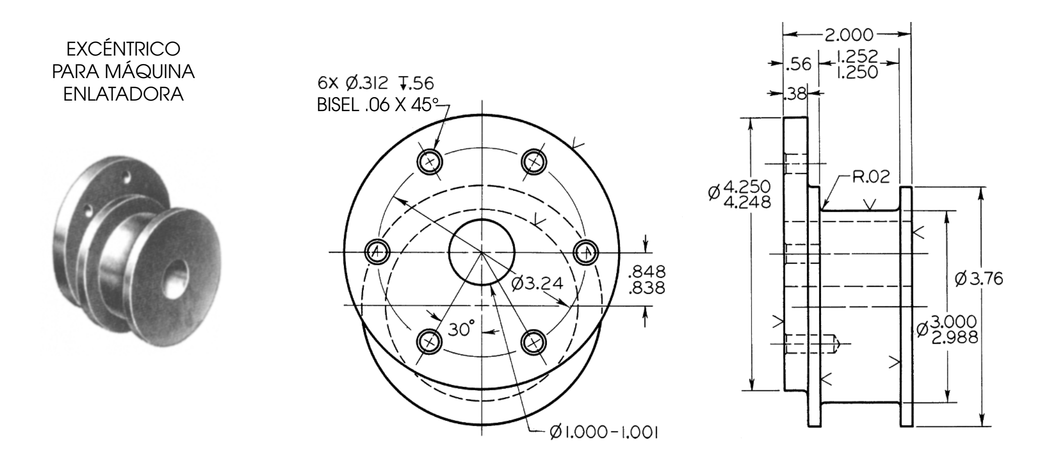
- Dos prismas positivos.
- Un cilindro positivo.
- Un cono negativo.
- Cinco cilindros negativos.



2. Especifique las dimensiones del tamaño para cada elemento escribiendo los valores de dimensión como se indica en la figura (en esta ilustración, la palabra "tamaño" se refiere a los distintos valores de dimensión). Observe que los cuatro cilindros del mismo tamaño pueden especificarse con una dimensión.

3. Por último, localice cada elemento geométrico respecto a los demás (en esta ilustración, los valores reales sustituirán a las palabras "ubicación"). Siempre verifique que los objetos estén dimensionados por completo.





■ **FIGURA 9.26** ■ Dimensionamiento de una parte que se compone de formas cilíndricas.

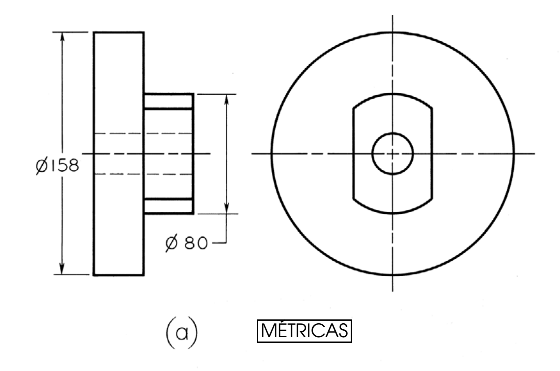
la vista circular, excepto cuando se mejore la claridad del dibujo. Cuando se usan varios diámetros diagonales sobre el mismo centro, el dibujo se vuelve muy confuso.

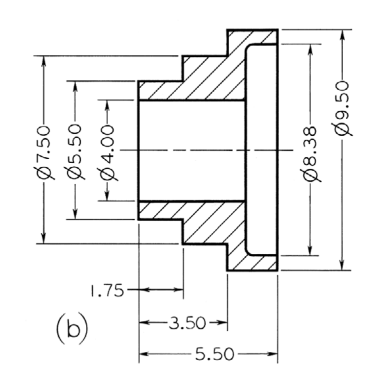
Los radios de un cilindro no deberán proporcionarse nunca, ya que existen las herramientas de medición como el micrómetro o calibrador, que están diseñadas para verificar diámetros. Por lo general, los orificios se dimensionan por medio de notas que especifican el diámetro y la profundidad (figura 9.26), con o sin operaciones de manufactura.

Antes de todas las dimensiones de diámetro, debe escribirse el símbolo de diámetro Ø (figura 9.27a) de acuerdo con ANSI/ASME Y14.5M-1994. En algunos casos, el símbolo Ø puede usarse para eliminar la vista circular (figura 9.27b). En los dibujos más antiguos, dimensionados en pulgadas decimales, puede encontrarse la abreviatura DIAM seguida por el valor numérico el diámetro.

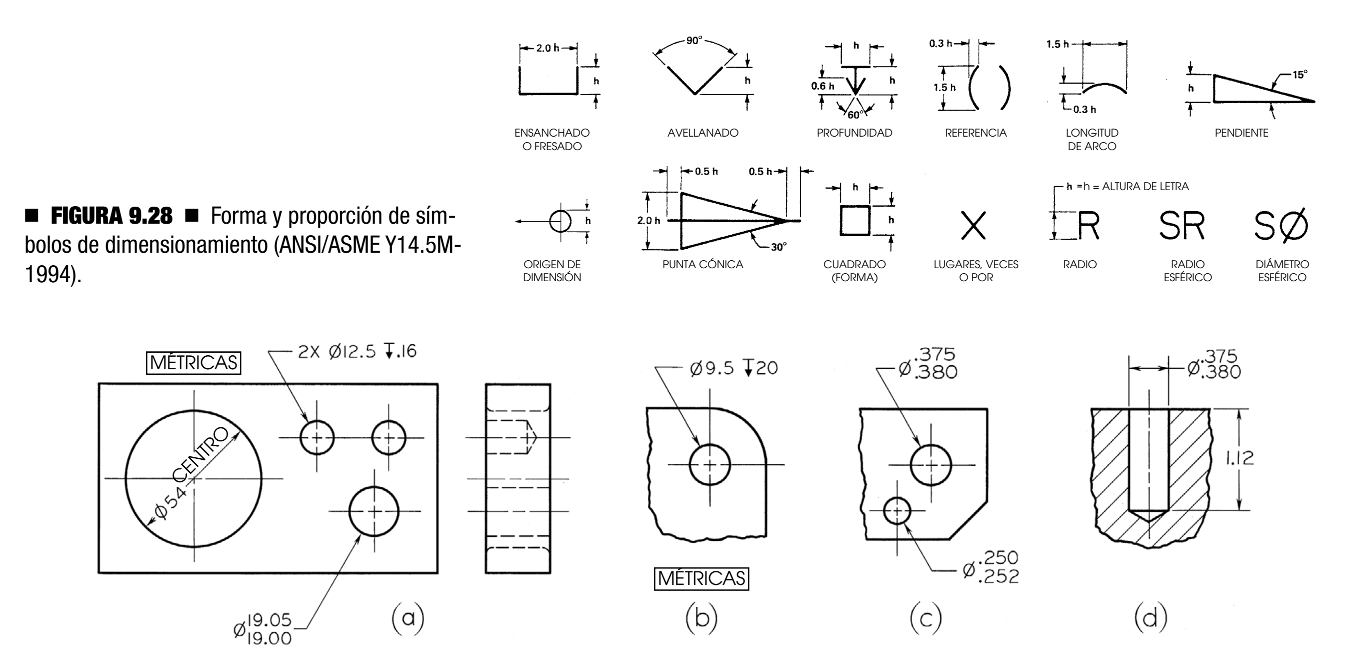
9.21 ■ DIMENSIONAMIENTO DEL TAMAÑO DE ORIFICIOS

La figura 9.28 muestra los símbolos estándar usados en el dimensionamiento. Por ejemplo, los orificios avellanados, ensanchados y enroscados se especifican usualmente mediante símbolos estándar o abreviaturas (figuras 9.29 y 9.31). El orden de los elementos en una nota corresponde al orden en que el taller produce el orificio. Si es posible, la llamada de una nota debe apuntar a la vista circular del orificio. Cuando la vista circular del agujero tiene dos o más círculos concéntricos, como para los orificios ensanchados, avellanados o enroscados, la punta de la flecha debe tocar el círculo exterior. La figura 9.31 muestra algunos ejemplos. Para dimensionar dos o más orificios puede utilizarse una sola nota y la especificación del número de orificios, como lo muestra la parte superior de la figura 9.29.





■ **FIGURA 9.27** ■ Uso de Ø en el dimensionamiento de cilindros.



■ **FIGURA 9.28** ■ Forma y proporción de símbolos de dimensionamiento (ANSI/ASME Y14.5M-1994).

■ **FIGURA 9.29** ■ Dimensionamiento de orificios.

La utilización de fracciones decimales es ampliamente aceptada para seleccionar brocas en milímetros o en pulgadas (figura 9.29b). Para brocas numeradas o con tamaño de letra (listadas en el apéndice 16), especifique el tamaño decimal o proporcione la designación en número o letra seguido por el tamaño decimal entre paréntesis; por ejemplo, #28(.1405) o "P"(.3230). Todas las brocas métricas tienen tamaños decimales y no se designan mediante un número o letra.

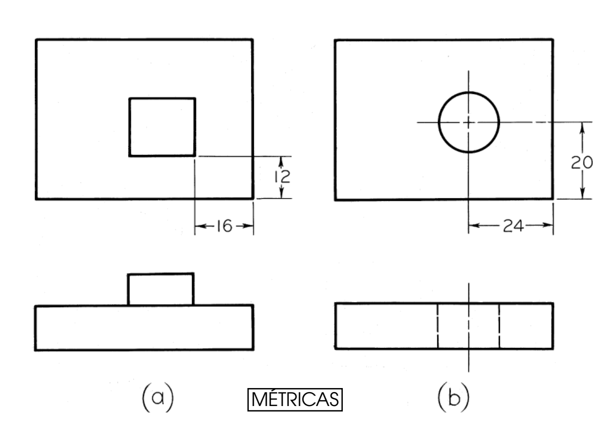
Especifique sólo las medidas de los orificios, sin una nota que liste si los orificios se taladrarán, abocardarán, ensancharán o perforarán (figuras 9.29c y 9.29d). Por lo general, el técnico o ingeniero de manufactura está capacitado para determinar el proceso menos costoso que puede utilizar para lograr la tolerancia requerida.

9.22 ■ DIMENSIONES DE LOCALIZACIÓN

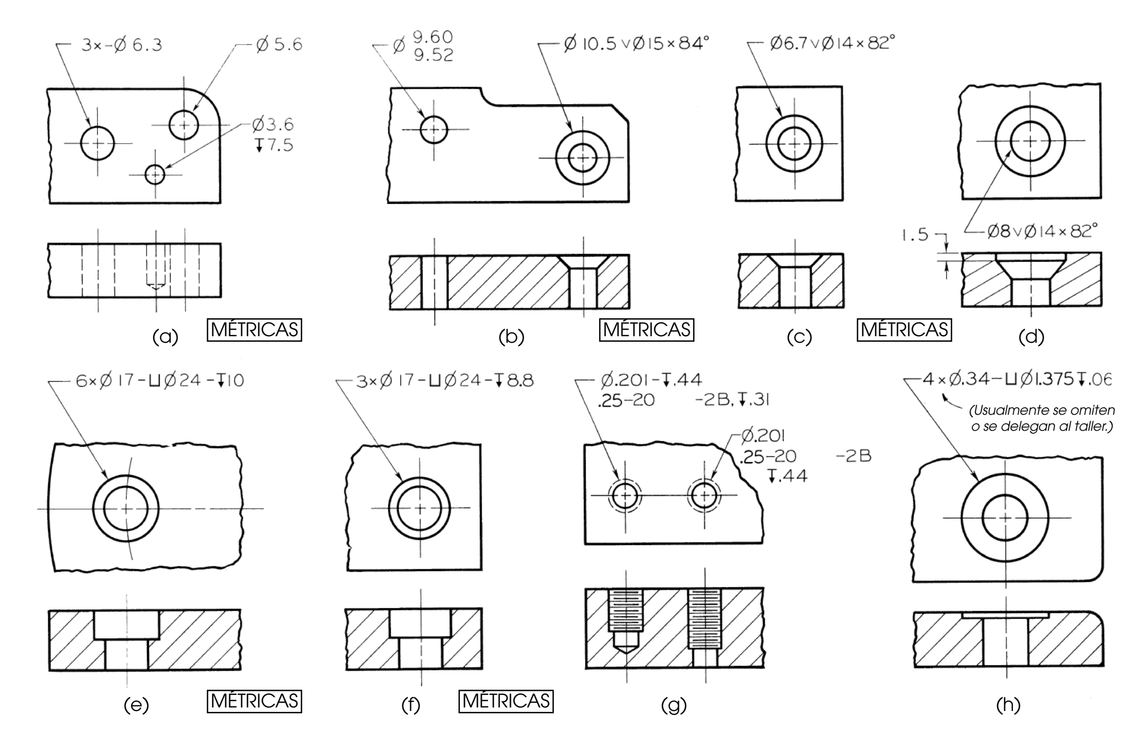
Después de especificar los tamaños de las formas geométricas que componen la estructura, proporcione las dimensiones para mostrar las posiciones relativas de estas formas geométricas. La figura 9.30a muestra las formas rectangulares ubicadas por medio de sus caras. En la figura 9.30b, los agujeros, u otras formas geométricas cilíndricas o cónicas se localizan mediante sus líneas centrales. Las dimensiones para orificios se dan preferentemente en las vistas donde los orificios aparecen circulares (figura 9.32).

En general, las dimensiones deben construirse a partir de una superficie terminada, un centro importante o una línea central. Donde sea posible, las dimensiones deben referirse a superficies terminadas porque las fundiciones y forjados burdos varían en tamaño y en las superficies sin terminar no pueden realizarse mediciones confiables. La *dimensión de inicio*, utilizada para localizar la primera superficie maquinada en una fundición o forjado burdo, debe necesariamente referirse a una superficie burda o a un centro o una línea central de la pieza burda.

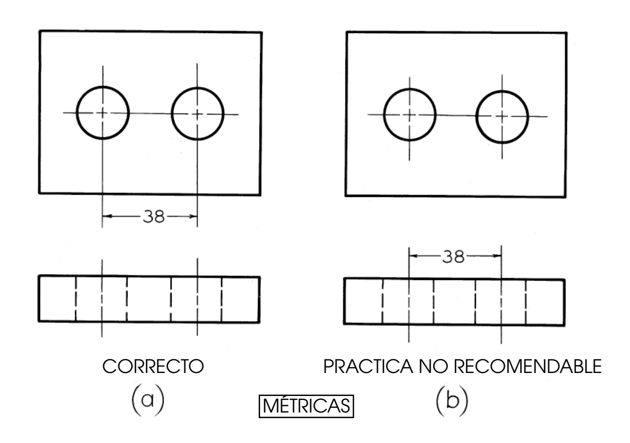
Cuando varias superficies cilíndricas tienen la misma línea central (figura 9.27b), no se necesitan dimensiones de localización para mostrar que son concéntricas; es suficiente con la línea central. Los orificios igualmente espaciados alrededor de un centro común deben dimensionarse al proporcionar el diámetro del *círculo de centros*, o ***círculo de pernos***. Utilice una nota como 3 X .750 para indicar ele-



■ **FIGURA 9.30** ■ Dimensionamiento de localización.



■ **FIGURA 9.31** ■ Dimensionamiento de localización.



■ **FIGURA 9.32** ■ Localización de orificios.

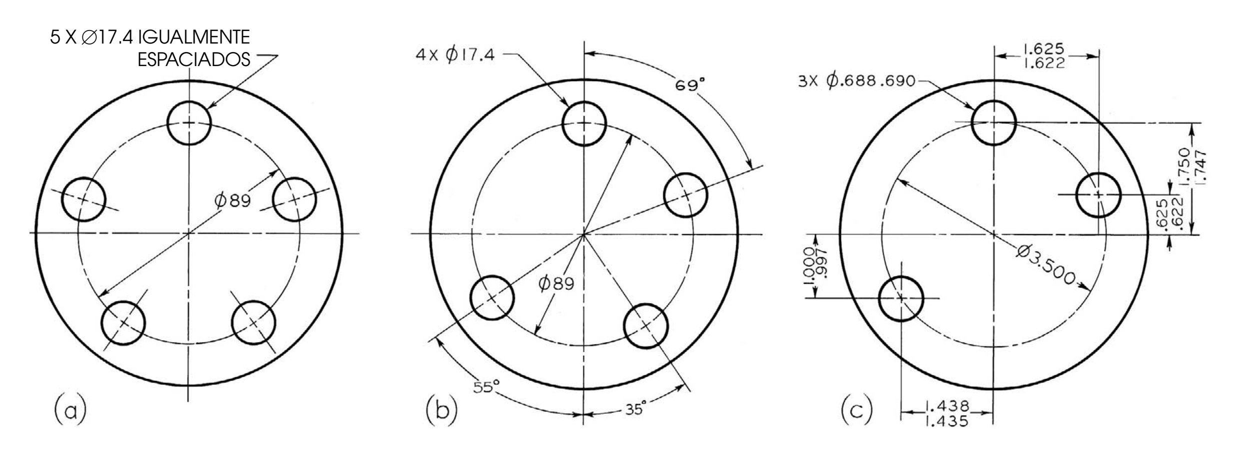
mentos o dimensiones repetitivas, donde la X significa veces y el 3 indica el número de elementos repetidos. Los orificios que no están igualmente espaciados se localizan por medio del diámetro del círculo de pernos más las mediciones angulares, con referencia a *sólo una* de las líneas centrales. La figura 9.33 muestra algunos ejemplos.

Cuando se requiere una exactitud mayor, deben darse dimensiones coordenadas como las que se presentan en la figura 9.33c. En este caso, el diámetro del círculo de pernos está encerrado entre paréntesis para indicar que se usará sólo como una ***dimensión de referencia***. Las dimensiones de referencia se dan sólo con propósitos de información. No se pretende que sean medidas y no guían las operaciones de manufactura. Representan dimensiones calculadas y a menudo son útiles para mostrar los tamaños de diseño pretendidos.

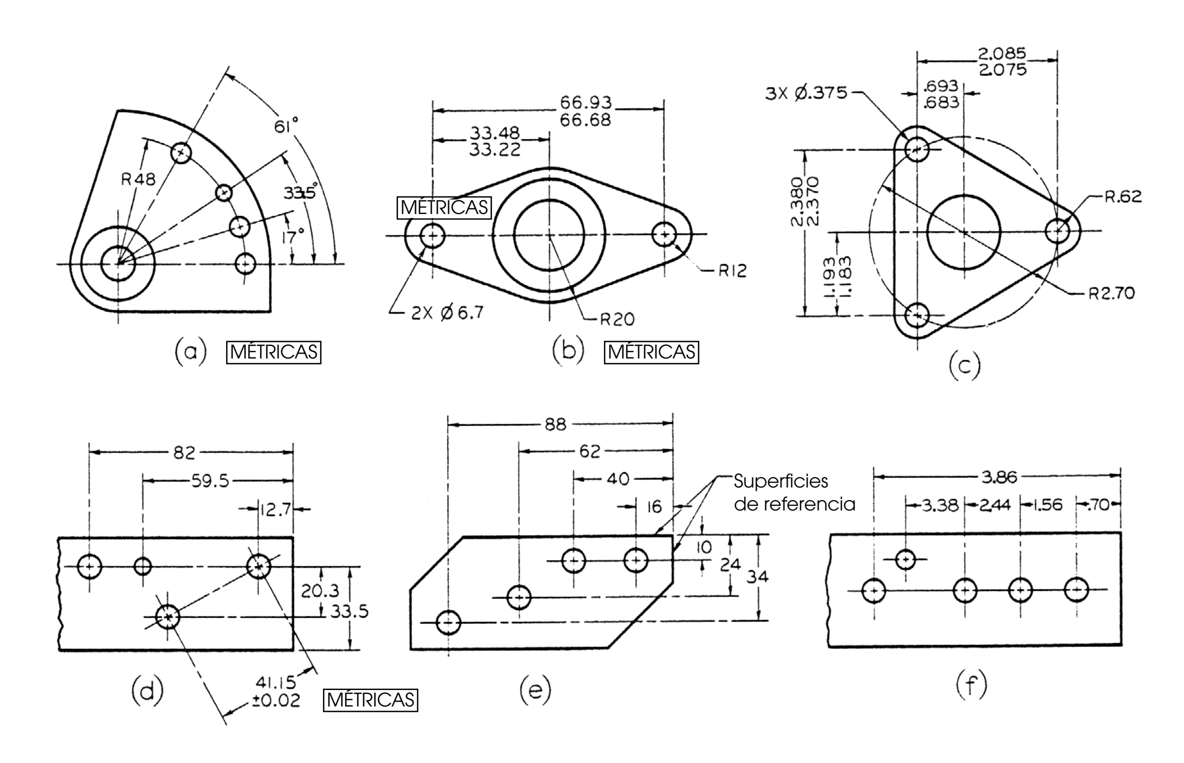
Cuando varios orificios no son exactos, se localizan sobre un arco común, se dimensionan proporcionando el radio y las dimensiones angulares a partir de una ***línea de base*** (figura 9.34a). En este caso, la línea de base es la línea central horizontal.

En la figura 9.34b, los tres orificios están sobre una línea central común. Una dimensión localiza un orificio pequeño a partir del centro; la otra proporciona la distancia entre los pequeños orificios. Observe que la dimensión en X se omite. Este método se utiliza cuando la distancia entre los orificios pequeños es una consideración importante. Si la relación entre el orificio central y cada uno de los agujeros pequeños es más importante, entonces incluya la distancia en X y haga la dimensión global una dimensión de referencia.

La figura 9.34c muestra otro ejemplo de dimensionamiento coordenado. Los tres orificios pequeños están sobre un círculo de pernos cuyo diámetro se da sólo con fines de referencia. Los orificios pequeños se localizan en dos direcciones mutuamente perpendiculares a partir del centro principal.



■ **FIGURA 9.33** ■ Localización de orificios alrededor de un centro.



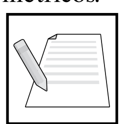
■ **FIGURA 9.34** ■ Localización de orificios.

La figura 9.34d muestra otro ejemplo de localización de orificios por medio de mediciones lineales. En este caso, se realiza una medición en un ángulo a las dimensiones coordenadas por la relación funcional directa de los dos orificios.

En la figura 9.34e, los agujeros se localizan a partir de dos líneas de base, o ***referencias***. Cuando todos los orificios se localizan a partir de una referencia común, se controla la secuencia de mediciones y operaciones de maquinado, se evita la acumulación de tolerancias y se asegura el funcionamiento apropiado de la parte terminada. Las superficies de referencia seleccionadas deben ser más exactas que cualquier medición hecha a partir de ellas; deben ser accesibles durante la manufactura y fabricación, y deberán arreglarse para facilitar el trabajo con herramientas y dispositivos. Puede ser necesario especificar la exactitud de las superficies de referencia en términos de rectitud, redondez, llanura, etcétera, lo cual se estudiará en el próximo capítulo.

La figura 9.34f muestra un método para proporcionar en una sola línea todas las dimensiones a partir de una referencia común. Cada dimensión, excepto la primera, tiene una sola punta de flecha y un valor acumulado. La dimensión global está separada.

Estos métodos para la localización de orificios son aplicables para localizar pasadores y otros elementos simétricos.



Practique el dimensionamiento, para ello utilice las hojas de trabajo 9.1, 9.2 y 9.3.

9.23 ■ SÍMBOLOS Y DIMENSIONES DE TAMAÑO

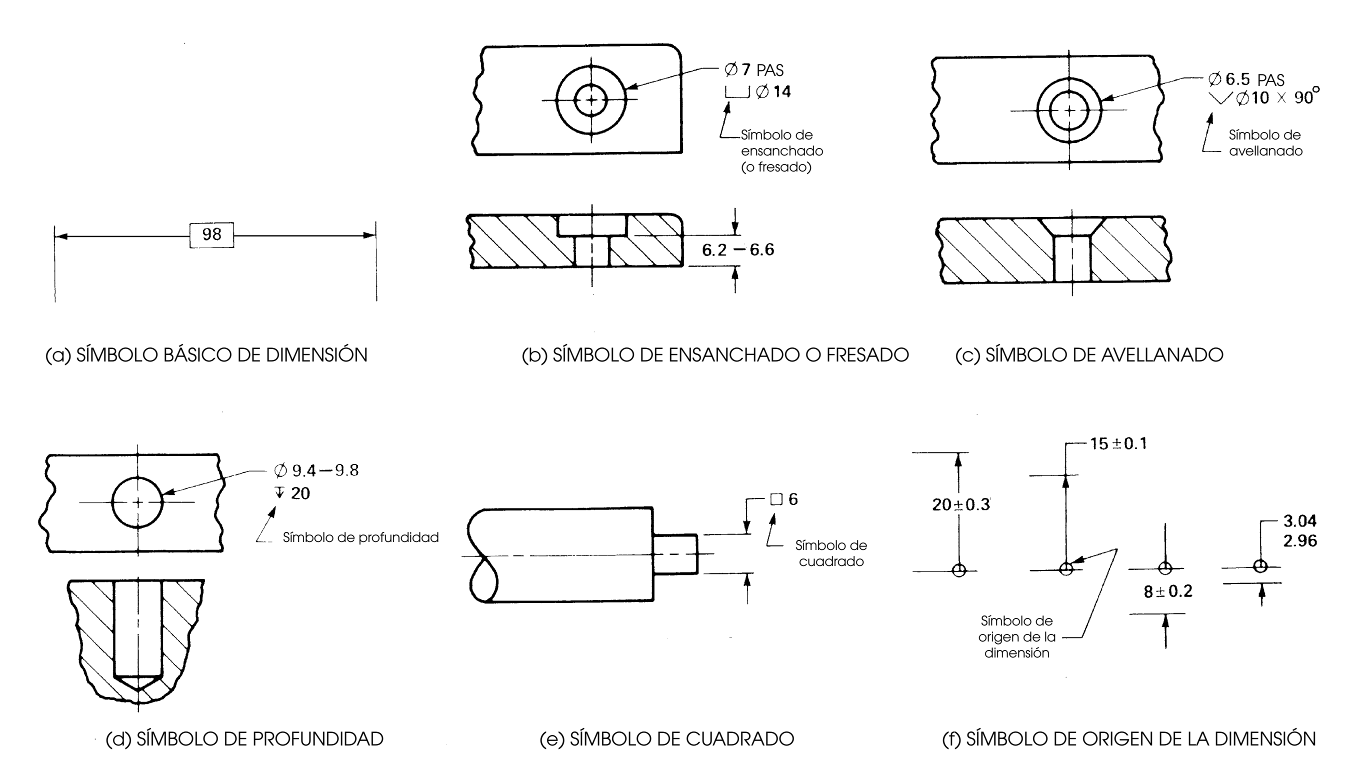
ANSI/ASME (Y14.5M-1994) introdujo un conjunto de símbolos de dimensionamiento para reemplazar los términos o abreviaturas tradicionales. Estos símbolos se presentan junto con detalles de construcción en la figura 9.28. Los términos y abreviaturas tradicionales son útiles cuando el empleo de los símbolos no es deseable. La figura 9.35 proporciona ejemplos de algunos de estos símbolos.

Un prisma triangular se dimensiona proporcionando la altura, la anchura y el desplazamiento del borde superior en la vista frontal y la profundidad en la vista superior (figura 9.36a).

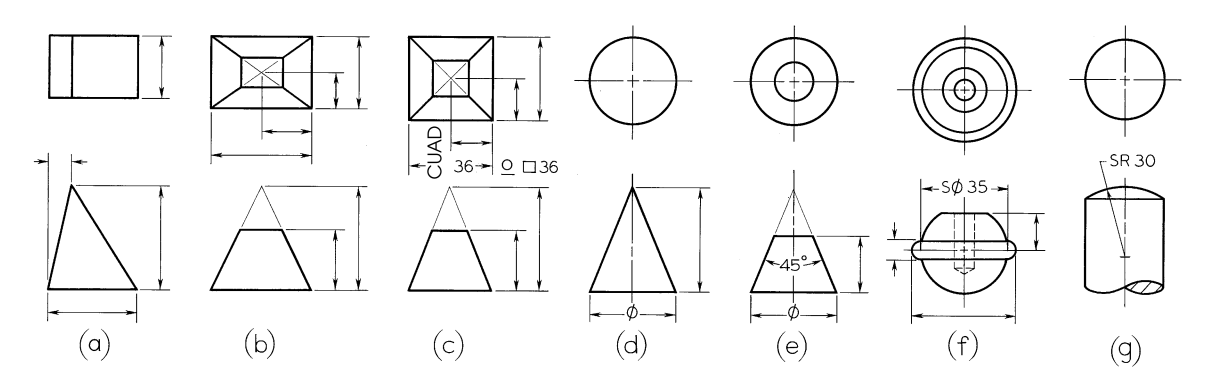
Una pirámide rectangular se dimensiona proporcionando las alturas en la vista frontal, y las dimensiones de la base y el centro del vértice en la vista superior (figura 9.36b). Si la base es cuadrada, es necesario dar la dimensión para un solo lado de la base; dado éste se etiqueta con CUAD o está precedido por el símbolo de cuadrado (figura 9.36c).

Un cono se dimensiona proporcionando su altitud y el diámetro de la base en la vista triangular (figura 9.36d). El tronco de un cono puede dimensionarse dando el ángulo vertical y el diámetro de una de las bases (figura 9.36e). Otro método consiste en proporcionar la longitud y los diámetros de los dos extremos en la vista frontal. Uno más consiste en proporcionar el diámetro en un extremo y el ahusamiento por pie en una nota.

La figura 9.36f muestra un dibujo con dos vistas de una manija de plástico. Es prácticamente esférica y se dimensiona proporcionando su diámetro precedido por la abreviatura y el símbolo para el diámetro esférico, SØ (en la notación antigua, el diámetro está seguido por la palabra ESFERA). El reborde alrededor de la manija tiene una forma de toroide y se dimensiona dando el grosor del anillo y el diámetro exterior. En la figura 9.36g, un extremo esférico se dimensiona por medio de un radio precedido por la abreviatura SR. Las formas internas correspondientes a las formas externas de la figura 9.36 se dimensionarían de una manera similar.



■ **FIGURA 9.35** ■ Uso de los símbolos de dimensionamiento.



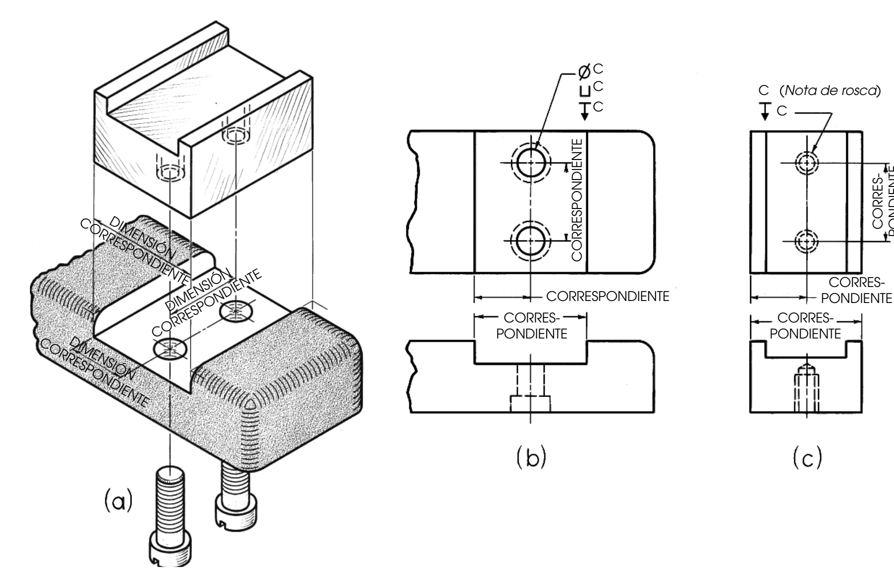
■ **FIGURA 9.36** ■ Dimensionamiento de distintas formas.

9.24 ■ DIMENSIONES CORRESPONDIENTES

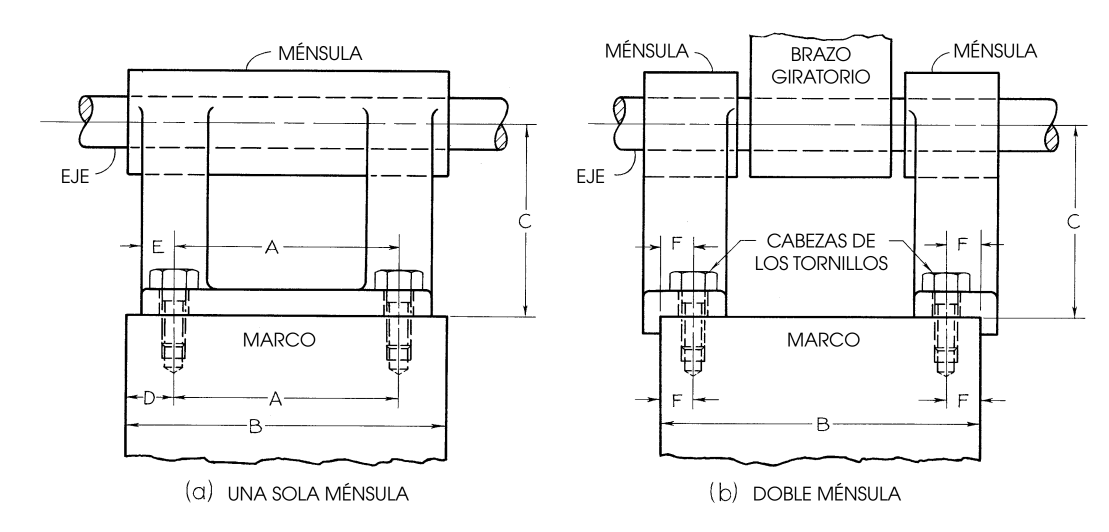
Al dimensionar un objeto debe tenerse en cuenta su relación con partes para ensambles. Por ejemplo, en la figura 9.37a, un bloque guía se ajusta a una muesca en una base. Como se indica en la figura, las dimensiones comunes a las dos partes son ***dimensiones correspondientes***.

Estas dimensiones correspondientes deben darse en los dibujos de múltiples vistas en las ubicaciones adecuadas (figuras 9.37b y 9.37c). Otras dimensiones no son correspondientes porque no controlan el ajuste preciso de dos partes. Los valores reales de dos dimensiones pueden no ser exactamente iguales. Por ejemplo, el ancho de la muesca en la figura 9.37b puede dimensionarse como 1/32 pulg (0.8 mm) o algunas milésimas de pulgada más grandes que la anchura del bloque de la figura 9.37c, pero éstas son dimensiones correspondientes obtenidas de una sola anchura básica. Estas dimensiones correspondientes deben especificarse en las ubicaciones adecuadas de las dos partes y recibir una tolerancia para asegurar el ajuste apropiado de las partes.

En la figura 9.38a, la dimensión A es una dimensión necesaria y debe aparecer tanto en el dibujo de la ménsula como en el marco. En la figura 9.38b, donde se muestra un rediseño de la ménsula en dos partes, no se utiliza la dimensión A en ninguna de las partes porque no es necesario controlar de manera cercana la distancia entre las cabezas de los tornillos. Pero entonces las dimensiones F son dimensiones esenciales que deben aparecer en los dibujos de las dos partes. Las dimensiones restantes E, D, B y C no se consideran ya que no afectan de manera directa el ajuste de las partes.



■ **FIGURA 9.37** ■ Dimensiones correspondientes.



■ **FIGURA 9.38** ■ Ensamble de ménsula.

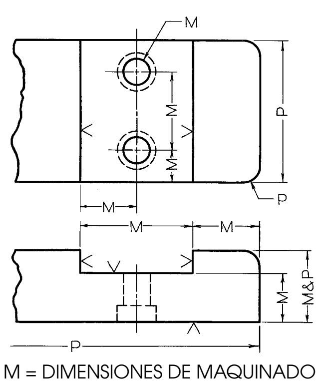
9.25 ■ DIMENSIONES DE MAQUINADO, PATRÓN Y FORJADO

En la figura 9.37a, la base se maquina a partir de una fundición burda; el fabricante del patrón necesita ciertas dimensiones para su manufactura y el operador necesita ciertas dimensiones para el proceso. En algunos casos ambos utilizarán sólo una dimensión. De nuevo, en la mayoría de los casos, estas dimensiones serán las mismas que las resultantes a partir de un desglose geométrico, pero es importante identificarlas para asignarles valores.

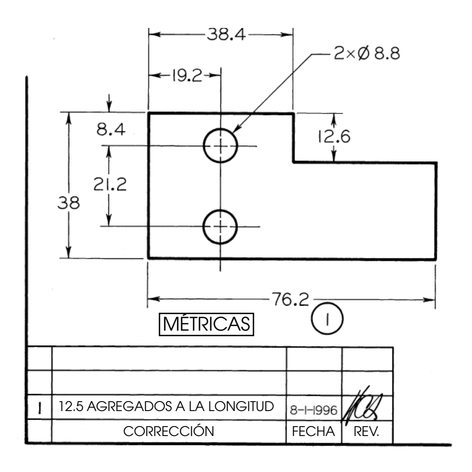
La figura 9.39 muestra la misma parte que la 9.37, con las dimensiones de maquinado y dimensiones de patrón identificadas por las letras M y P. El fabricante de patrones está interesado sólo en las dimensiones requeridas para construir el patrón, y el técnico, en general, está preocupado sólo con las dimensiones necesarias para procesar la parte del objeto. Con frecuencia, una dimensión que es conveniente para el técnico no lo es para el fabricante del patrón, o viceversa. Como el fabricante del patrón usa el dibujo una sola vez, mientras lo elabora y el maquinista lo consulta de manera constante, las dimensiones deben proporcionarse principalmente a conveniencia del técnico en manufactura.

Si la parte es grande y complicada, algunas veces se elaboran dos dibujos: uno que muestra las dimensiones de patrón y el otro que presenta las dimensiones de maquinado. Sin embargo, la práctica usual es preparar un solo dibujo tanto para el fabricante del patrón como para el técnico manufacturero.

Para los forjados, la práctica común consiste en hacer dibujos de forjado y dibujos de maquinado por separado. La figura 9.40 presenta un dibujo de forjado para una varilla de conexión, que muestra sólo las dimensiones necesarias en el taller de forjado. La figura 9.41 muestra un dibujo de maqui-



■ **FIGURA 9.39** ■ Dimensiones de maquinado y patrón.



■ **FIGURA 9.40** ■ Revisiones.

nado de la misma parte, pero que contiene sólo las dimensiones requeridas en el taller de maquinado o manufactura.

A menos que se utilice el sistema decimal, las dimensiones de patrón son nominales, por lo general al 1/16 pulg más cercano, y dadas en números enteros y fracciones comunes. Si una dimensión de maquinado se da en números enteros y fracciones comunes, por lo general el manufacturero tiene una tolerancia de ±1/64 pulgada. Algunas compañías especifican una tolerancia de ±.010 pulg en todas las fracciones comunes. Si se requiere una mayor exactitud, las dimensiones se dan en forma decimal.

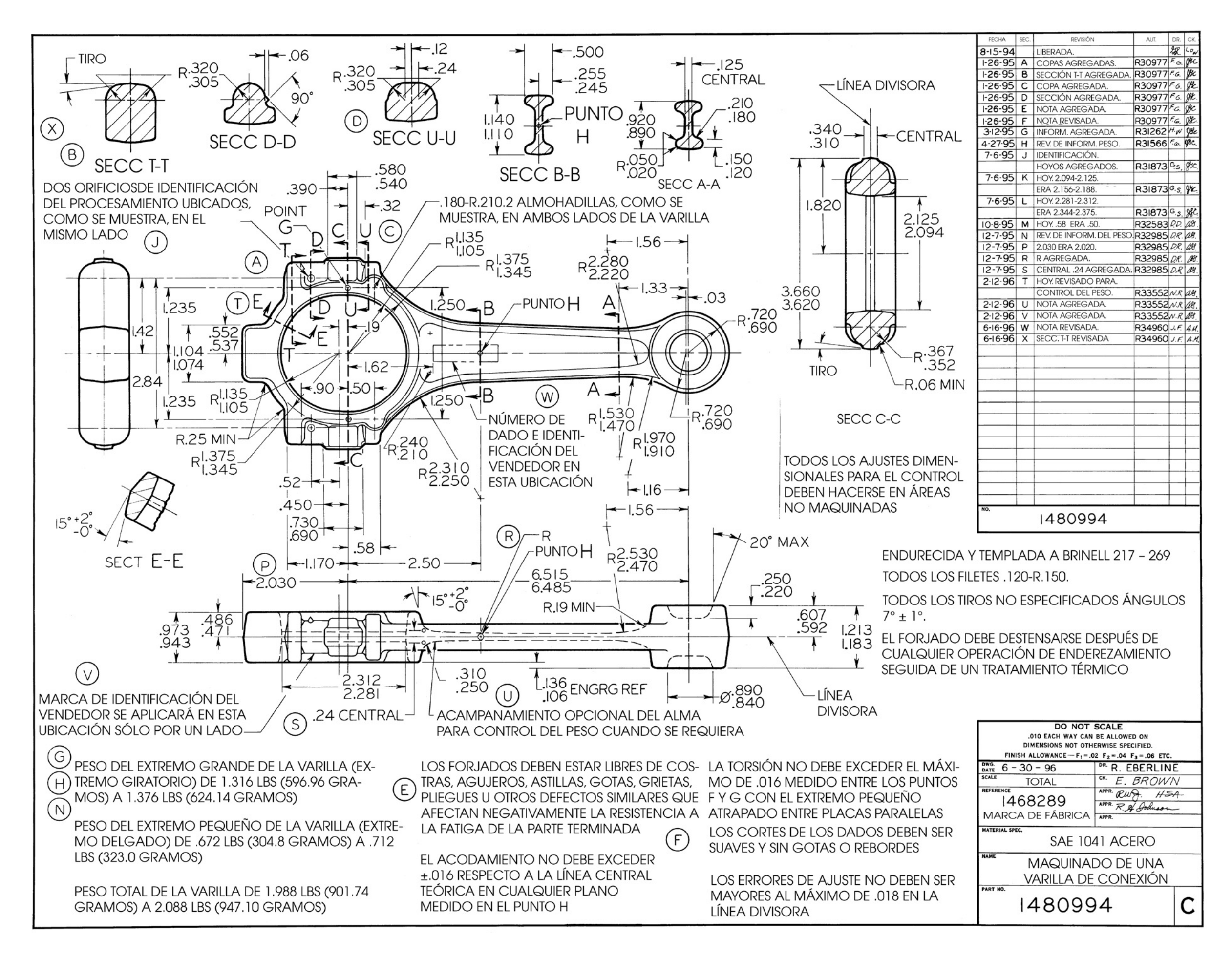
9.26 ■ DIMENSIONAMIENTO DE CURVAS

Las formas curvas deben diseñarse mediante un grupo de radios (figura 9.42a). Observe que, al dimensionar el arco R126, cuyo centro es inaccesible, el centro puede desplazarse hacia adentro y a lo largo de una línea central con corrimiento realizado en la línea de dimensión. Otro método consiste en dimensionar la envoltura exterior de una forma curva de manera que los distintos radios se localicen por sí mismos a partir de "centros flotantes" (figura 9.24b). Cualquier curva circular o no circular debe dimensionarse por medio de coordenadas o referencias (9.42c).

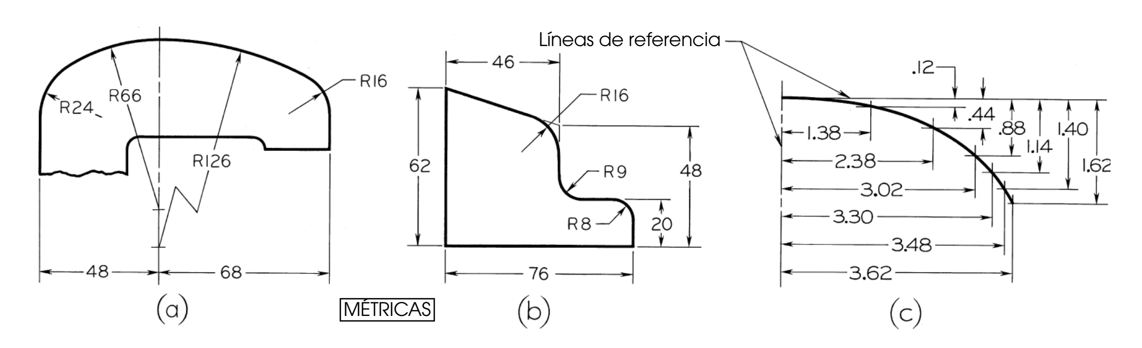
9.27 ■ DIMENSIONAMIENTO DE FORMAS CON EXTREMOS REDONDEADOS

El método utilizado para dimensionar formas con extremos redondeados depende del grado de exactitud requerido. Cuando la precisión no es necesaria, los métodos utilizados son aquellos que son convenientes para la manufactura, como en las figuras 9.43a, 9.43b y 9.43c.

En la figura 9.43a, la ligadura que debe fundirse o cortarse de una hoja o placa de metal se dimensiona como si fuera a utilizarse para la manufactura de la parte, se proporciona la distancia de centro a centro y los radios de los extremos. Sólo es necesaria una de las dimensiones de radio, pero debe incluirse el número de sitios junto con la dimensión de tamaño.



■ **FIGURA 9.41** ■ Dibujo de forjado para una varilla conectora. Cortesía de Cadillac Motor Car Division.



■ **FIGURA 9.42** ■ Curvas de dimensionamiento.

2X Ø 22
58
2X R
98.6
MÉTRICAS
(a)
111.12 ±0.02
28.58 ±0.02
2X R
(d)
MÉTRICAS
R20
20
2X R
98
R28
MÉTRICAS
(b)
2X R
1.250
4.125
.875
(e)
2X Ø.750
2X R
.875
1.750
3.400
5.150
(f)
25°
25°
R22
19.05
R116
2X R
R28
(c)
MÉTRICAS
1.125 ± .001 CTR AGUJERO
R.984
4.500 ± .008 CTR AGUJERO
(g)

■ **FIGURA 9.43** ■ Dimensionamiento de formas con extremos redondeados.

En la figura 9.43, una plataforma con ranura fresada colocada sobre una pieza fundida se dimensiona de centro a centro para la conveniencia tanto del fabricante del patrón como para el manufacturero. Una razón adicional para usar la distancia de centro a centro es que proporciona el viaje total de la cortadora de la fresa, la cual puede ser controlada fácilmente por el manufacturero. La dimensión de anchura indica el diámetro de la cortadora de la fresa, por lo que resulta mejor proporcionar el diámetro de la ranura maquinada. Por otro lado, una ranura moldeada debe dimensionarse mediante el radio, de conformidad con el procedimiento de disposición del fabricante del patrón.

En la figura 9.43c, la plataforma semicircular descansa de una manera similar a la de la figura 9.43b, excepto que se utilizan dimensiones angulares. Si es necesario pueden utilizarse tolerancias angulares.

Cuando se requiere precisión, se recomiendan los métodos mostrados en las figuras de la 9.43d a la 9.43g. En cada caso se proporcionan las longitudes globales de las formas con extremos redondeados; asimismo, se indican los radios pero sin valores específicos. Puede requerirse la distancia de centro a centro para la ubicación exacta de algunos orificios.

En la figura 9.43g, la ubicación del orificio es más crítica que la localización del radio, por lo que cada uno se localiza de manera independiente, tal como se muestra.

9.28 ▪ DIMENSIONES SUPERFLUAS

Es necesario mostrar todas las dimensiones necesarias, pero también se debe evitar la especificación de dimensiones innecesarias o superfluas (figura 9.44a-1). No repita dimensiones en la misma vista o en otras, ni anote la misma información de dos maneras diferentes.

Como la figura 9.44b lo muestra, puede ser imposible determinar cómo intentó el diseñador aplicar la tolerancia cuando una dimensión se da de dos formas diferentes en el dibujo. Cuando se encadenan dimensiones, una dimensión de la cadena debe dejarse fuera, como se muestra en la figura, de manera que el manufacturero trabaje sólo a partir de una superficie. Esto es particularmente importante en los sitios donde una acumulación de tolerancias pueda causar problemas con la forma en que las se ajustan o funcionan las partes.

No omita dimensiones como las de la derecha en la figura 9.44b, pensando que los orificios son simétricos y se entenderán como horadados. Debe darse una de las dos dimensiones de localización. Como creador del dibujo, el diseñador debe especificar exactamente la manera en que la parte se construye e inspecciona.

Como la figura 9.44e lo muestra, cuando es claro que una dimensión se aplica a varios elementos idénticos, o se trata de un grosor uniforme, no necesita repetirse, pero debe indicarse el número de lugares. Las dimensiones para filetes, redondos y otros elementos no críticos no necesitan repetirse y tampoco es necesario especificar el número de sitios. Por ejemplo, no es necesario repetir los radios de los extremos redondeados en las figuras de la 9.43a a la 9.43f.

9.29 ▪ MARCAS DE TERMINADO

Una ***marca de terminado*** se usa para indicar que una superficie será maquinada, o terminada, y se emplea en forjados y fundiciones burdas. Para el fabricante del patrón o molde, una marca de terminado significa que debe darse tolerancia de metal extra en la pieza de trabajo burda para el maquinado. En los dibujos de partes que deben maquinarse a partir de un material enrollado, las marcas de terminado no son necesarias generalmente, porque resulta obvio que las superficies serán maquinadas. De manera similar, no es necesario mostrar marcas de terminado cuando la dimensión implica una superficie terminada, como Ø6.22–6.35 (métricas) o Ø2.45–2.50 (pulgadas decimales).

Como la figura 9.45 lo muestra, se utilizan tres estilos de marca de terminado: el símbolo general ∨, el nuevo símbolo básico √, y el antiguo símbolo ƒ para indicar una superficie maquinada suave ordinaria. El símbolo ∨ es como una V mayúscula, con una altura de alrededor de 3 mm (1/8 pulg) de conformidad con la altura de las letras de dimensionamiento. El extendido símbolo √ recomendado por el ANSI, es como una V mayúscula más grande y con la rama derecha extendida. La rama corta tiene una altura de alrededor de 5 mm (3/16 pulg)y la larga de 10 mm (3/8 pulg). El símbolo básico puede alterarse para especificaciones de texturas de superficie más elaborados.

La punta del símbolo ∨ debe estar dirigida hacia el interior del cuerpo de metal de una manera similar a la punta de una herramienta. El símbolo √ no debe mostrarse invertido (figura 9.46).

La figura 9.45c muestra una pieza fundida con algunas superficies terminadas; la 9.45d presenta dos vistas de la misma pieza que muestran cómo se indican las marcas de terminado en un dibujo. *La marca de terminado se muestra sólo en la vista del borde de una superficie terminada y se repite en cualquier otra vista en la cual la superficie aparezca como una línea, incluso si dicha línea está oculta.*

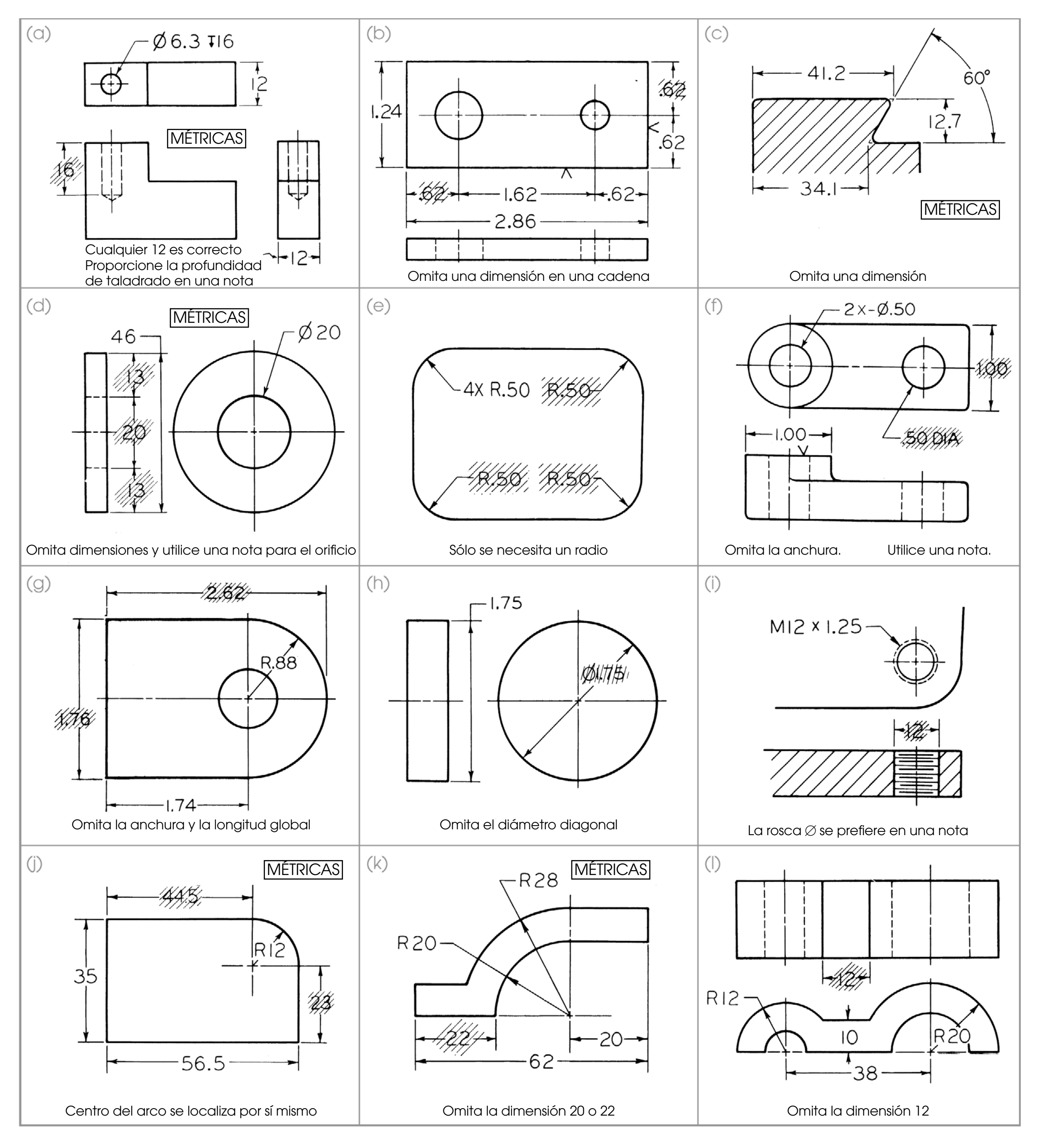
Si una parte se va a terminar por completo, las marcas de terminado deben omitirse y debe incluirse una nota general "TERMINADA POR COMPLETO o TPC" en la parte inferior de la hoja.

Los distintos tipos de terminaciones se detallan en los manuales de práctica para talleres de manufactura. Los siguientes términos se encuentran entre los que se usan más a menudo: *terminado completo*, *terminado burdo, terminado fino, chorro de arena*, *baño químico, raspar, pulimentar, rectificar, esmerilar, pulir, bruñir, lijar, cincelar, ensanchar, contrataladrar, avellanar, formar, perforar, escariar, taladrar, roscar, mandrilar* y *moletear*. Cuando es necesario controlar la textura de la superficie terminada más allá de un maquinado ordinario, se utiliza el símbolo √ como base para los símbolos de las superficies con una calidad más elaborada.

9.30 ■ RUGOSIDAD, ONDULACIONES Y CONFIGURACIÓN DE SUPERFICIE

Las demandas y exigencias actuales del automóvil, el avión y otras máquinas modernas capaces de soportar cargas más pesadas y lograr velocidades más altas con menor fricción y desgaste han incrementado la necesidad de que el diseñador tenga un control exacto de la calidad de las superficies independientemente del tamaño del aparato. Para estas partes, las marcas de terminado simples no son suficientes.

El terminado de la superficie está íntimamente relacionado con el funcionamiento de la misma, y es necesario especificar de manera adecuada el terminado de superficies como cojinetes y sellos. Las especificaciones de la calidad de la superficie deben usarse sólo donde sea



■ **FIGURA 9.44** ■ Dimensiones superfluas.

Nota sobre Gráficos

Dimensionamiento semiautomático mediante CAD

El dimensionamiento controla a la parte

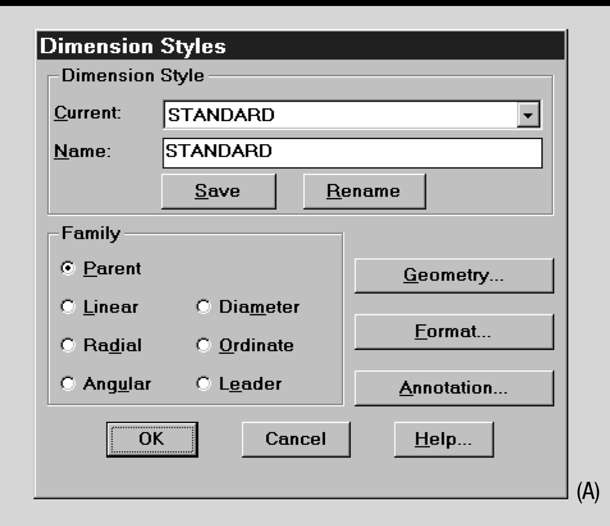
El dimensionamiento es una actividad importante debido a las dimensiones proporcionadas en el dibujo que controlan la forma en que se construirá la parte y la manera en que se aplicarán los valores de tolerancia. Aunque un dibujo o base de datos del modelo se exporte para el maquinado directo, el operador de manufactura debe saber cuáles ajustes y dimensiones son críticos y de qué forma puede variar la parte. Ninguna parte se crea de manera exacta y al mismo tamaño que especifican las dimensiones dadas, por lo que el diseñador debe aclarar las tolerancias posibles. El dimensionamiento de dibujos de CAD se logra mediante el uso de una serie de herramientas de dimensionamiento proporcionados por el software. Los programas como AutoCAD tienen lo que se denomina herramientas de dimensionamiento automático, porque las líneas de dimensión, los valores, las flechas y las líneas de extensión se crean de manera automática, pero después es posible elegir dónde colocar las dimensiones sobre el dibujo.

Estilos de dimensión

AutoCAD permite crear diferentes familias de apariencias de dimensión, llamadas estilos de dimensión. Éstos se utilizan para cambiar la apariencia de las dimensiones para diferentes tipos de dibujos. Por ejemplo, los dibujos arquitectónicos tienen un estándar diferente al de los dibujos de ingeniería mecánica o incluso los dibujos de ingeniería civil los cuales tienen una apariencia distinta. Para crear estilos de dimensión y establecer su apariencia en AutoCAD utilice el cuadro de diálogo "Dimension Styles". Éste puede seleccionarse en la barra de herramientas de dimensionamiento que la figura A muestra.

Estilos básicos y derivados

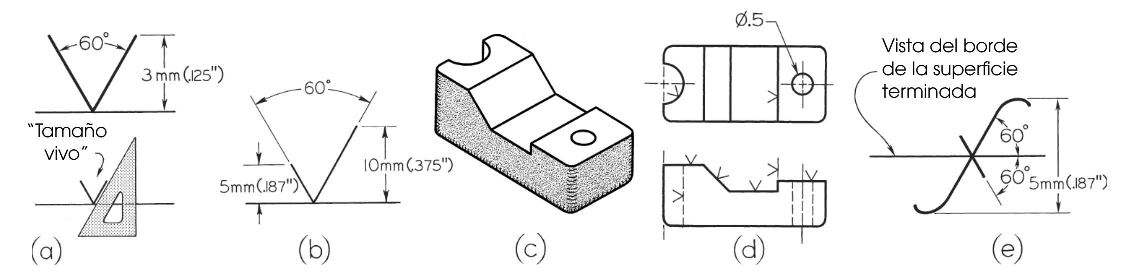
AutoCAD utiliza estilos derivados para permitir el cambio de apariencia de los tipos de dimensión dentro del estilo básico; por ejemplo, las dimensiones radiales pueden tener una apariencia distinta a las dimensiones lineales o las ordenadas. Es posible tener una apariencia diferente para cada uno de estos tipos de dimensiones: lineal, radial, angular, de diámetro, ordenada y de llamada. Se puede pensar en los estilos derivados de la siguiente manera: si alguien tiene un hijo, por lo general éste se parecerá al padre, el color de los ojos; pero también puede decidir teñirse el cabello. Después de esto ninguna cantidad de tinte en el cabello del padre hará cambiar la apariencia y originalidad del cabello del hijo. Ésta es, en esencia, la forma en que funcionan los estilos



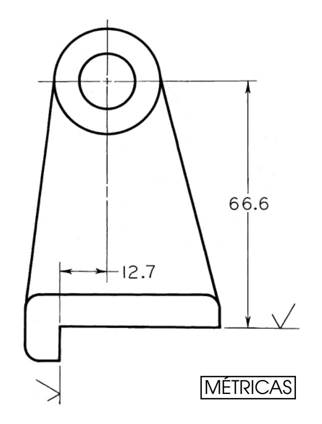
(A)

de dimensión derivados. El estilo derivado puede establecerse para un tipo de dimensión de manera que luzca diferente al estilo básico. Una vez que una característica de un estilo de dimensión derivado se establece de manera distinta al estilo básico, cualquier cambio del estilo básico ya no afectará al derivado. Estos estilos pueden usarse para administrar la apariencia de las dimensiones en el dibujo, por lo que no es necesario manipular las dimensiones individuales. Los estilos de dimensión también permiten asegurar la consistencia en la apariencia de las dimensiones del dibujo, de forma que se sepa cómo se actualizarán las dimensiones si se realiza algún cambio. En la figura B se muestra el cuadro de diálogo que puede utilizarse.

(B)



■ **FIGURA 9.45** ■ Marcas de terminado.



■ **FIGURA 9.46** ■ Dimensiones de superficies terminadas.

necesario, debido a que el costo de producir una superficie terminada se incrementa conforme aumenta la calidad requerida. En general, la superficie terminada ideal es la más burda que cumpla la función de manera satisfactoria.

El sistema de símbolos para la textura de superficies recomendado por ANSI/ASME (Y14.36M-1996) para su uso en los dibujos, independientemente del sistema de mediciones utilizado, ahora es ampliamente aceptado por la industria estadounidense. Estos símbolos se utilizan para definir la ***textura***, ***rugosidad*** y ***configuración de la superficie*** (consulte la figura 9.47 para conocer el significado y la forma de construir estos símbolos). El símbolo básico para la textura de una superficie en la figura 9.47a indica una superficie terminada o maquinada mediante cualquier método, como lo hace el símbolo general ⁄. Las modificaciones a los símbolos básicos para la textura de superficies (figuras de la 9.47b a la 9.47d), definen restricciones en el retiro de material para la superficie terminada. En los sitios donde se especifica que los valores de la textura de la superficie difieren de la rugosidad promedio (R_P), el símbolo debe dibujarse con la extensión horizontal (figura 9.47e). La figura 9.47f proporciona los detalles para manufactura y los símbolos.

La figura 9.48a presenta aplicaciones de los símbolos para la textura de superficies. Observe que los símbolos se leen desde abajo o al lado derecho y que éstos no se dibujan formando un ángulo o en una posición invertida.

A menos que se especifique lo contrario, las mediciones para la rugosidad y las ondulaciones se aplican en la dirección que proporcione la lectura máxima, por lo general a través de la superficie (figura 9.48b). La tabla 9.1 proporciona las alturas recomendadas para los valores de rugosidad.

La tabla 9.2 muestra los valores estándar utilizados cuando es necesario indicar la rugosidad y los valores de la anchura del corte. Si no se especifica ningún valor, se asume el valor 0.80.

Cuando se requieren los valores máximos para la altura de las ondulaciones, los valores recomendados son los que la tabla 9.3 proporciona.

Cuando se desea indicar la configuración, se agregan los símbolos de configuración de la figura 9.49 a los símbolos de textura como los ejemplos dados. La figura 9.50a proporciona y explica aplicaciones selectas de los valores de textura de una superficie a los símbolos.

La figura 9.51 muestra una escala típica de valores de rugosidad de una superficie que pueden obtenerse por medio de varios métodos de producción. En la parte superior de la gráfica se presentan los valores preferidos para la altura de la rugosidad.

9.31 ■ NOTAS

Por lo general es necesario complementar las dimensiones directas con notas. Las notas deben ser breves y escritas con cuidado para permitir sólo una interpretación mediante un texto claro. Las notas siempre deben escribirse de manera horizontal en la hoja y deben ordenarse de manera sistemática. Si es posible, las notas no deben amontonarse ni colocarse entre vistas. Las notas se clasifican como ***notas generales*** cuando se aplican a todo un dibujo, y ***notas locales*** cuando se aplican a elementos específicos.

NOTAS GENERALES Las notas generales deben escribirse en la esquina inferior derecha de la primera hoja de un conjunto de dibujos, encima o a la izquierda del cuadro de títulos o en una posición central debajo de la vista a la que se aplica. Si las notas continúan en una segunda hoja, el número de dicha hoja debe proporcionarse en una nota

Símbolo	Significado
(a)	Símbolo básico para la textura de superficie. La superficie puede producirse mediante cualquier método excepto cuando se especifican la barra o el círculo, (b) o (d).
(b)	Se requiere eliminación de material mediante maquinado. La barra horizontal indica que se necesita el retiro de material por medio de maquinado para producir la superficie y que debe considerarse material para ese propósito.
(c) 3.5	Tolerancia para la eliminación de material. El número indica la cantidad en existencia que debe desplazarse mediante maquinado en milímetros (o pulgadas). Deben agregarse tolerancias en el valor básico mostrado o en una nota general.
(d)	Eliminación de material prohibida. El círculo en la "v" indica que la superficie debe producirse por medio de procesos como la fundición, el forjado, terminado mediante tratamiento termico, terminado en frío, fundición a troquel, metalurgia con polvos o moldeado por inyección sin una subsecuente remoción de material.
(e)	Símbolo para textura de superficie. Se utiliza para especificar características de la superficie, encima de la línea horizontal o a la derecha del símbolo. La superficie puede producirse mediante cualquier método excepto cuando se especifica la barra o el círculo, (b) o (d).
(f) 3 X; 1.5 X; 60°; 00; 00; 00; 3 X APROX; 60°; 0.00; 3 X; 1.5 X; ALTURA DE LETRA = X	

■ **FIGURA 9.47** ■ Símbolos para la textura de una superficie y su construcción.

en la primera hoja del conjunto de dibujos (por ejemplo, "LAS NOTAS CONTINÚAN EN LA PÁGINA 4.").

EJEMPLOS

TERMINADO POR COMPLETO (TPC).
ROMPIMIENTO EXACTO DE BORDES A R0.8.
G33106 ALEACIÓN DE ACERO – BRINELL 340-380.
TODOS LOS ÁNGULOS SON DE 3° A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO.
LAS DIMENSIONES SE APLICAN DESPUÉS DEL PLANCHADO.

En los dibujos de máquinas, el cuadro de título incluirá muchas notas generales, como las referentes a materiales, tolerancias generales, tratamientos térmicos y modelos.

NOTAS LOCALES Las notas locales se aplican sólo a operaciones específicas y se conectan mediante una llamada al punto en el cual se realiza dicha operación (figura 9.52). La llamada debe estar conectada al frente de la primera palabra de una nota o justo después de la última palabra, y no en ningún sitio intermedio.

Use abreviaturas comunes en las notas, como THD, DIA, MAX, sólo cuando no provoquen confusiones. Las abreviaturas menos comunes deben evitarse. *Si dudas, escríbelo completo* es una regla empírica para evitar problemas con las notas confusas.

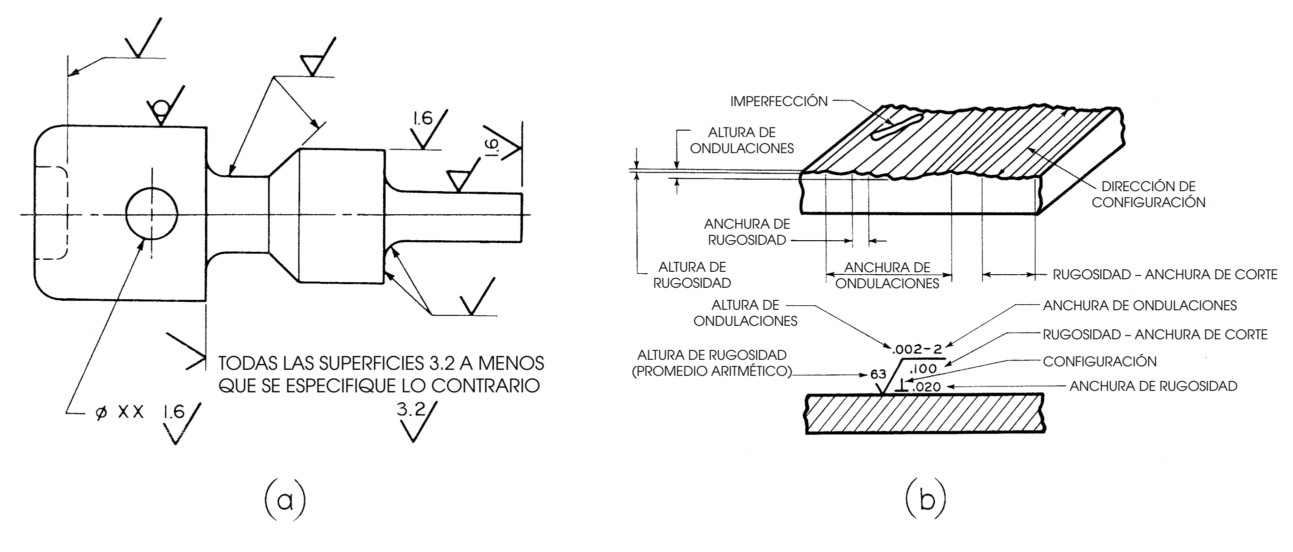
Si puede utilizarse un símbolo común, éste se prefiere a la abreviatura porque los símbolos se reconocen internacionalmente y no dependen del idioma. Todas las abreviaturas deben estar de acuerdo con ANSI Y14.39-1999. Para ver abreviaturas de ANSI, consulte el apéndice 4.

En general, las llamadas y notas no deben colocarse en el dibujo hasta que el dimensionamiento esté completado casi en su totalidad. Las notas y letreros no deben tocar las líneas del dibujo o del cuadro de títulos. Si las notas se escriben primero, podrían quedar en la trayectoria de algunas dimensiones necesarias y tendrían que reubicarse.

Cuando se utiliza CAD para agregar texto en las notas del dibujo, debe considerarse la escala final a la que se imprimirá en dibujo. Podría ser necesario ampliar el texto para que sea legible cuando éste se imprima a una escala menor.

9.32 ■ DIMENSIONAMIENTO DE ROSCAS

Las notas locales también se utilizan para especificar dimensiones de roscas. Para orificios ahusados, las notas deben es-



■ **FIGURA 9.48** ■ Aplicación de símbolos para la textura de la superficie y las características de la superficie (ANSI/ASME Y14.36M-1996).

TABLA 9.1 ■ Serie de valores promedio preferidos para la rugosidad (R_p) (ANSI/ASME Y14.36-1996).

Micrometros[a] (μm)	Micropulgadas (μ in.)	Micrometros[a] (μm)	Micropulgadas (μ in.)
0.012	0.5	1.25	50
0.025	1	1.60	63
0.050	2	2.0	80
0.075	3	2.5	100
0.10	4	3.2	125
0.125	5	4.0	180
0.15	6	5.0	200
0.20	8	6.3	250
0.25	10	8.0	320
0.32	13	10.0	400
0.40	16	12.5	500
0.50	20	15	600
0.63	25	20	800
0.80	32	25	1000
1.00	40		

[a]Un micrómetro es la milésima parte de un milímetro (1 μm = 0.001 mm)

tar unidas a las vistas circulares de los orificios (figura 9.44i). Para roscas externas, las notas se colocan por lo general en las vistas longitudinales, donde las roscas se reconocen con más facilidad (figuras 9.52v y 9.52w). Para leer un análisis detallado de notas para roscas, vea el capítulo 11.

9.33 ■ DIMENSIONAMIENTO DE AHUSAMIENTOS

Una punta o ***ahusamiento*** es una superficie cónica de un eje o un orificio. El método usual para dimensionar un ahusamiento consiste en proporcionar el tamaño del adelgazamiento en una nota como "PUNTA 0.167 EN DIA" (a menudo se agrega el CALIBRE), y después se da el diámetro en un extremo con la longitud o se proporciona el diámetro de los dos extremos y se omite la longitud. *Punta en diámetro* significa la diferencia en diámetro por unidad de longitud.

Las ***puntas estándar de máquina*** se usan en pernos de máquina, mangos de herramientas o pasadores, y se describen en "puntas de máquina" en ANSI/ASME B5.10-

TABLA 9.2 ■ Valores estándar de la longitud de muestra (corte) para la rugosidad (ANSI/ASME Y14.36-1996).

Milímetros (mm)	Pulgadas (pulg)	Milímetros (mm)	Pulgadas (pulg)
0.08	.003	2.5	.1
0.25	.010	8.0	.3
0.80	.030	25.0	1.0

TABLA 9.3 ■ Serie de valores máximos preferidos para la altura de las ondulaciones (ANSI/ASME Y14.36-1996).

Milímetros (mm)	Pulgadas (pulg)	Milímetros (mm)	Pulgadas (pulg)
0.0005	.00002	0.025	.001
0.0008	.00003	0.05	.002
0.0012	.00005	0.08	.003
0.0020	.00008	0.12	.005
0.0025	.0001	0.20	.008
0.005	.0002	0.25	.010
0.008	.0003	0.38	.015
0.012	.0005	0.50	.020
0.020	.0008	0.80	.030

1994. Estas puntas estándar se dimensionan en un dibujo proporcionando el diámetro (por lo general en el extremo grande), la longitud y una nota como "PUNTA ESTÁNDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE" (figura 9.53a).

Para los requerimientos no críticos, un ahusamiento puede dimensionarse proporcionando el diámetro en el extremo grande, la longitud y el ángulo incluido, todos con las tolerancias adecuadas (figura 9.53b). También pueden darse los diámetros de los dos extremos y la longitud con las tolerancias necesarias.

En los casos de ahusamientos de ajuste preciso, se indica el tamaño del ***ahusamiento por unidad de diámetro*** (figuras 9.53c y 9.53d). Una línea de calibración se selecciona y localiza por medio de una tolerancia comparativamente generosa, mientras que otras dimensiones reciben tolerancias adecuadas según lo requieran.

9.34 ■ DIMENSIONAMIENTO DE BISELES

Un ***bisel*** es un borde con un chaflán o una pendiente. Se dimensiona proporcionando la longitud del sesgo así como el ángulo (figura 9.54a). Un bisel de 45 grados también puede dimensionarse de una manera similar a la que se muestra en la figura 9.54b.

9.35 ■ CENTROS DE EJES

Los centros de ejes se requieren en flechas, pernos y otras partes cónicas o cilíndricas para realizar en ellas operaciones como el torneado, el escariado y otras; este centro puede dimensionarse como se muestra en la figura 9.55. Normalmente los centros se producen por medio de un taladrado combinado con un avellanado.

9.36 ■ DIMENSIONAMIENTO DE CUÑEROS

Los métodos de dimensionamiento de cuñeros para cuñas Woodruff y cuñas en existencia se muestran en la figura 9.56. Observe, en ambos casos, el uso de una dimensión para centrar el cuñero en el eje o collar. El método de dimensionamiento preferido para la profundidad de un cuñero es proporcionar la dimensión desde la parte inferior del cuñero hasta el lado opuesto del eje o agujero, como se muestra. El método para calcular esa dimensión se muestra en la figura 9.56d (los valores para A pueden encontrarse en los manuales de los manufactureros).

Para consultar información general acerca de cuñas y cuñeros, vea el apéndice 21.

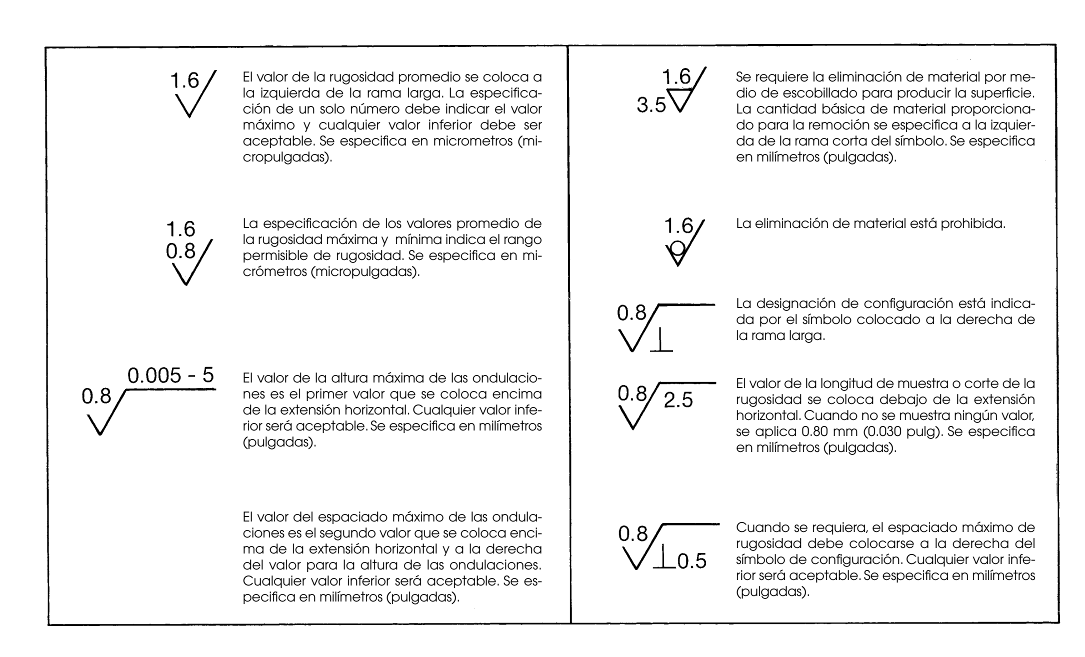
9.37 ■ DIMENSIONAMIENTO DE MOLETEADOS

El **moleteado** es una operación que se lleva a cabo sobre una superficie para darle rugosidad con el fin de proporcionar un mejor agarre o un ajuste a presión entre dos partes. Para propósitos de agarre, sólo es necesario propor-

SÍMBOLOS DE CONFIGURACIÓN

SIM	DESIGNACIÓN	EJEMPLO	SIM	DESIGMACIÓN	EJEMPLO
=	Configuración paralela a la línea que representa la superficie a la que se aplica el símbolo.	DIRECCIÓN DE LAS MARCAS DE LA HERRAMIENTA	X	Configuración angular en ambas direcciones a la línea que representa la superficie a la que se aplica el símbolo.	DIRECCIÓN DE LAS MARCAS DE LA HERRAMIENTA
⊥	Configuración perpendicular a la línea que representa la superficie a la que se aplica el símbolo	DIRECCIÓN DE LAS MARCAS DE LA HERRAMIENTA	M	Configuración multidireccional	
C	Configuración aproximadamente circular en relación con el centro de la superficie a la que se aplica el símbolo		R	Configuración aproximadamente radial en relación con el centro de la superficie a la que se aplica el símbolo	

■ **FIGURA 9.49** ■ Símbolos de configuración (ANSI/ASME Y14.36M-1996).



■ **FIGURA 9.50a** ■ Aplicación de valores para la textura de superficies a los símbolos (ANSI/ASME Y14.36M-1996).

■ **FIGURA 9.50b** ■ Aplicación de los símbolos para el terminado de superficies. *Dibujo de Enidine. Cortesía de SolidWorks Corporation.*

Rugosidad promedio ($R_{p.}$)

Micrómetros (μm.).	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05	0.025	0.012
Micropulgadas (μpulg).	(2000)	(1000)	(500)	(250)	(125)	(63)	(32)	(16)	(8)	(4)	(2)	(1)	(0.5)

Corte con soplete de gas
Desbastado
Aserrado
Aplanado, formado

Taladrado
Fresado químico
Maq. con electroerosionadora
Fresado

Escariado
Ensanchado
Haz eléctrico
Láser
Electroquímico
Torneado
Terminado a barril

Esmerilado electrolítico
Bruñido con rodillos
Esmerilado
Rectificado

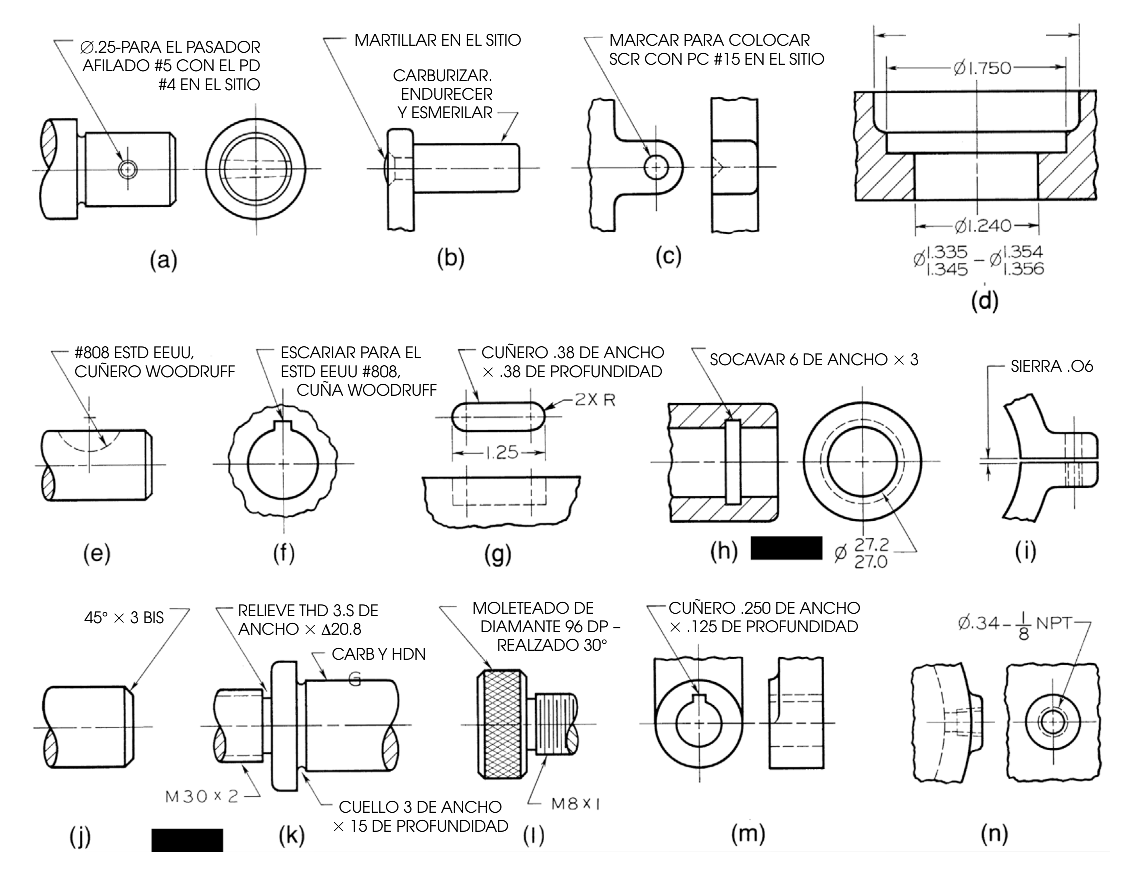
Pulido eléctrico
Pulido
Pulimentado
Superterminazo

Fundición en arena
Rodado en caliente
Forjado
Fundición en molde

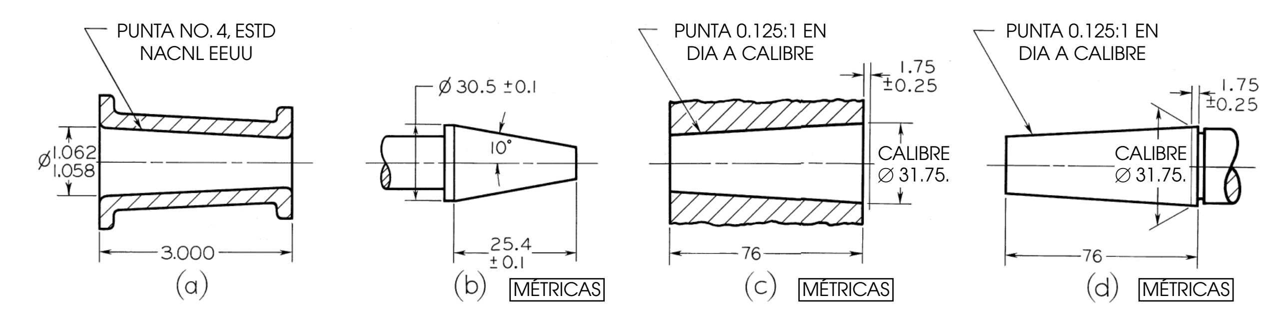
Fundición inversa
Extrusión
Rodado en frío, dibujo
Fundición a troquel

CLAVE — Aplicación promedio
— Aplicación menos frecuente

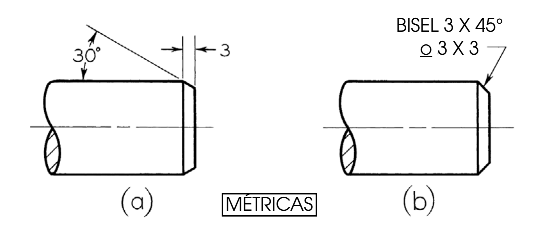
■ **FIGURA 9.51** ■ Rugosidad de superficie producida con métodos de producción comunes (ANSI/ASME B46.1-1985). Los rangos mostrados son típicos del proceso listado. Bajo condiciones especiales, pueden obtenerse valores más altos o más bajos.



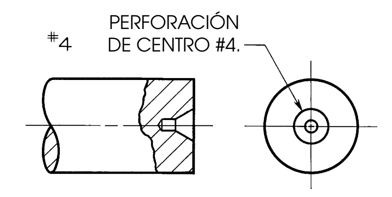
■ **FIGURA 9.52** ■ Notas locales.



■ **FIGURA 9.53** ■ Dimensionamiento de puntas.



■ **FIGURA 9.54** ■ Dimensionamiento de biseles.



■ **FIGURA 9.55** ■ Centro de eje.

cionar el paso y tipo del moleteado, y la longitud del área moleteada (figuras 9.57a y 9.57b). Para dimensionar un moleteado para un ajuste a presión, debe proporcionarse el diámetro con la tolerancia antes del moleteado (figura 9.57c). Debe agregarse una nota que proporcione el paso, el tipo de moleteado y el diámetro mínimo después del moleteado (vea ANSI/ASME B94.6-1984 (R1995)).

9.38 ■ DIMENSIONAMIENTO A LO LARGO DE SUPERFICIES CURVAS

Cuando las mediciones angulares no son satisfactorias, pueden darse dimensiones de cuerda (figura 9.58a), o dimensiones lineales sobre las superficies curvas (figura 9.58b).

9.39 ■ DOBLECES EN LÁMINA METÁLICA

En el dimensionamiento de lámina metálica debe marcarse una tolerancia para los dobleces. La intersección de las superficies planas adyacentes a un doblez se llama ***línea de molde***; esta línea, y no el centro del arco, se utiliza para determinar dimensiones (figura 9.59). El siguiente procedimiento para calcular dobleces es típico: si las dos superficies planas interiores de un ángulo se extienden, su línea de intersección se llama LMI o ***línea de molde interior*** (figuras 9.60a, 9.60b y 9.60c). De manera similar, si las dos superficies planas exteriores se extienden, éstas producen la LME o ***línea de molde exterior***. La ***línea central del doblez*** (℄D) está dirigida principalmente a la máquina dobladora en la que se realizará el doblez y se ubica en el centro del radio de doblez.

La longitud o ***estiramiento*** es igual a la suma de los lados planos del ángulo más la distancia alrededor del doblez medida a lo largo del ***eje neutral.*** La distancia alrededor del doblez se llama ***tolerancia del doblez***. Cuando el metal se dobla, se comprime en el interior y se estira en el exterior. En cierta zona media, el eje neutral, el metal ni se comprime ni se estira (figura 9.60d). Por lo general, se supone que el eje neutral está a 0.44 del grosor a partir de la superficie interior del metal.

La longitud desarrollada del material, o la tolerancia del doblez (TD), se calcula con la fórmula empírica

$$\text{BA} = (0.017453R + 0.0078T)N,$$

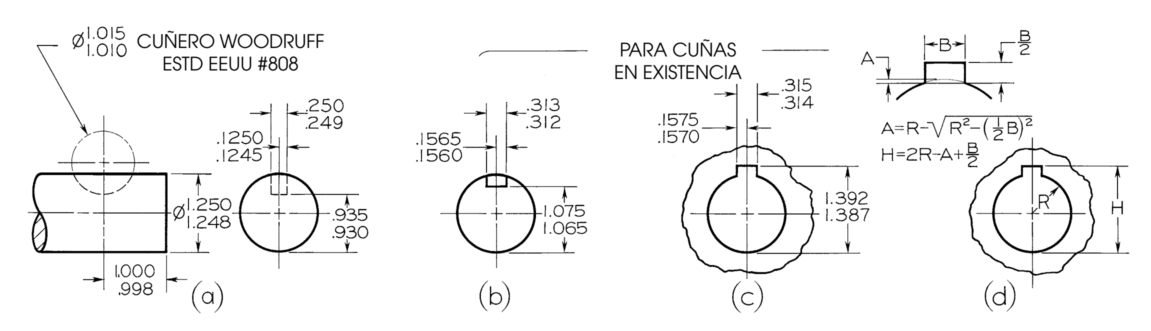
donde R = radio del doblez, T = grosor del metal y N = número de grados del doblez como en la figura 9.60c.

9.40 ■ DIMENSIONES TABULARES

Un conjunto de objetos que poseen elementos parecidos pero que varían en sus dimensiones puede representarse mediante un dibujo como el de la figura 9.61. Las letras se sustituyen por cifras de dimensión y las dimensiones se dan en forma tabular. Las dimensiones de muchas partes estándar se dan de esta manera en catálogos y manuales.

9.41 ■ ESTÁNDARES

Cuando sea posible, las dimensiones deben proporcionarse para hacer uso de materiales, herramientas, partes y calibres que puedan conseguirse con facilidad. Las dimensiones para muchos elementos de máquina comúnmente utilizados (pernos, tornillos, cuñas, puntas, alambre, tubos, lámina metálica, cadenas, bandas, cuerdas, pasadores y formas



■ **FIGURA 9.56** ■ Dimensionamiento de cuñeros.

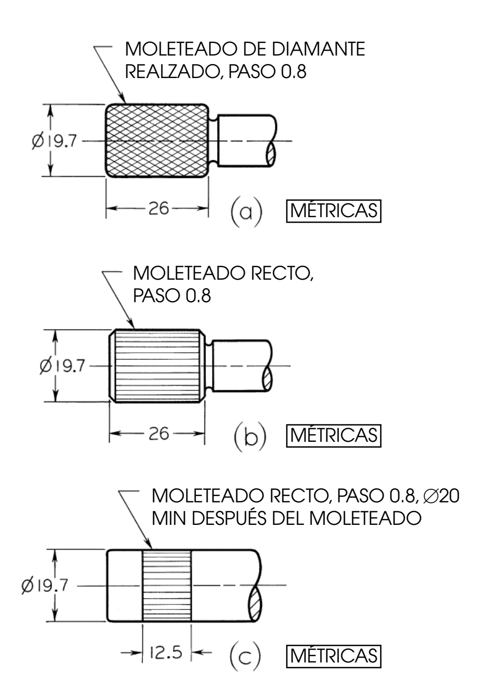
de metal enrollado) están estandarizadas, y el dibujante debe obtener estos tamaños en manuales publicados, estándares ANSI o catálogos de los fabricantes. En el apéndice de este texto se proporcionan tablas de algunos de los artículos más comunes.

Estas partes estándar no se delinean en dibujos a detalle a menos que vayan a alterarse para su utilización; se dibujan de manera convencional en dibujos de ensamblaje y se enumeran en listas de partes. A menudo se utilizan fracciones comunes para indicar los tamaños nominales de las partes o herramientas estándar. Si se utiliza el sistema de decimales de pulgada, todos los tamaños se expresan de manera ordinaria con decimales, por ejemplo, ∅0.250 en lugar de ∅1/4. Si se utiliza el sistema de dimensionamiento métrico completo, entonces la broca métrica *preferida* del mismo tamaño aproximado (.24800) se indicará como un 6.30.

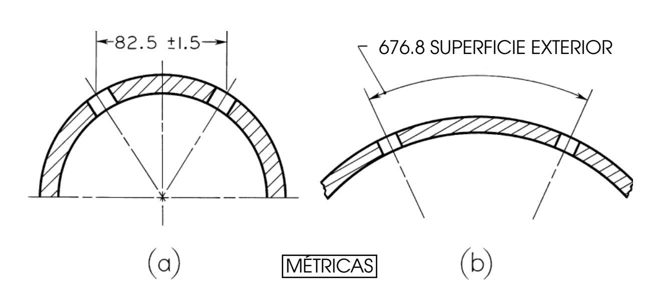
9.42 ■ DIMENSIONAMIENTO COORDENADO

Por lo general, las prácticas del dimensionamiento coordenado básico son compatibles con los requerimientos de datos para las máquinas de producción automática controladas por cinta o computadora. Sin embargo, para diseñar para producción automatizada, es necesario consultar los manuales de las máquinas de manufactura o control numérico antes de hacer dibujos de producción. A continuación se presentan las directrices básicas para el dimensionamiento coordenado:

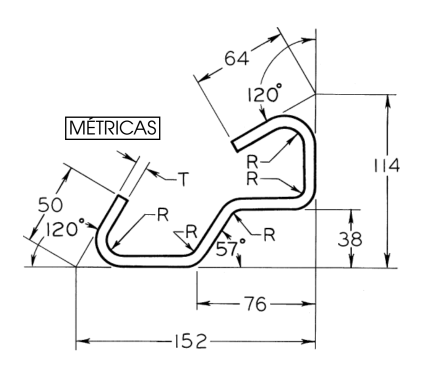
1. Para el dimensionamiento coordenado, usualmente se requiere un conjunto de tres planos de referencia perpendiculares entre sí. Estos planos pueden ser obvios, o deben identificarse con claridad (figura 9.62).
2. El diseñador selecciona como orígenes para las dimensiones las superficies o elementos más importantes para el funcionamiento de la parte. Se elige un número suficiente de estos elementos para ubicar la parte en relación con el conjunto de planos perpendiculares entre sí. Después, se realizan todas las dimensiones relacionadas a partir de estos planos. En la figura 9.63 se muestra el dimensionamiento coordenado rectangular sin líneas de dimensión.
3. Todas las dimensiones deben estar en decimales.
4. Cuando sea posible, los ángulos deben darse en grados y partes decimales de grados.
5. Las herramientas como taladros, escariadores y roscadoras deben dejarse a la consideración del fabricante, a menos que se requiera cierto proceso específico.
6. Todas las tolerancias deben estar determinadas por los requerimientos de diseño de la parte, y no por la capacidad de la máquina que la fabricará.



■ **FIGURA 9.57** ■ Dimensionamiento de moleteados.



■ **FIGURA 9.58** ■ Dimensionamiento a lo largo de superficies curvas.



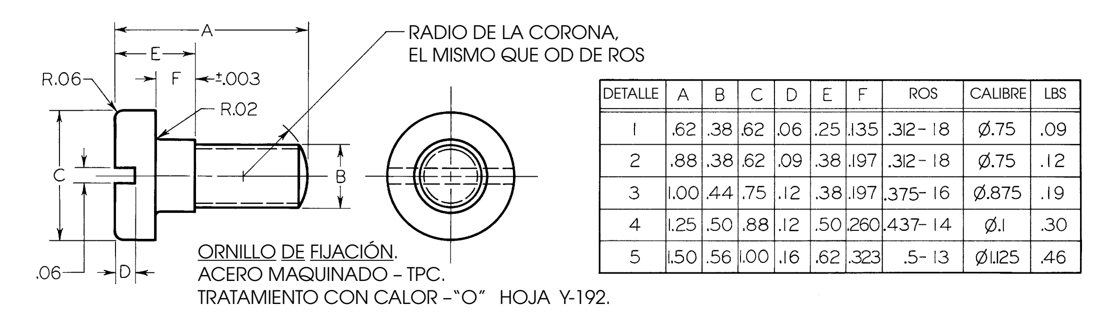
■ **FIGURA 9.59** ■ Dimensionamiento de perfil.

■ **FIGURA 9.60** ■ Dobleces.

9.43 ■ QUÉ HACER Y QUÉ NO HACER DURANTE EL DIMENSIONAMIENTO

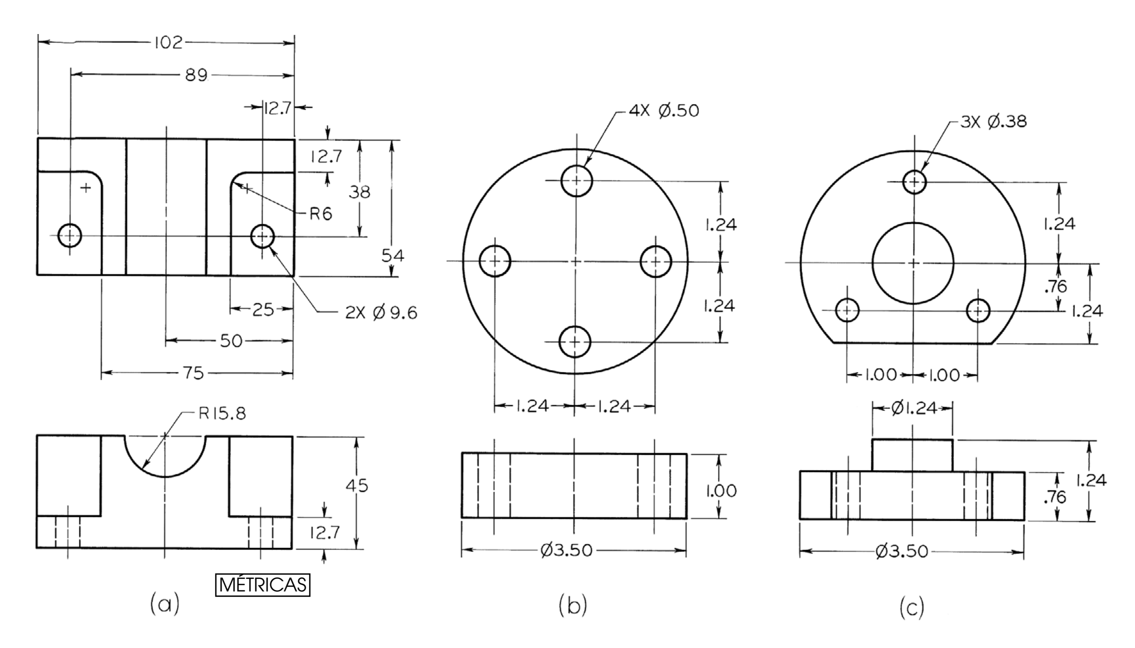
La siguiente lista resume de manera breve la mayoría de las situaciones en las que un diseñador principiante puede cometer un error en el dimensionamiento. Los estudiantes deben verificar el dibujo por medio de esta lista antes de entregarlo a su instructor.

1. Cada dimensión debe proporcionarse con claridad, de manera que pueda interpretarse de un solo modo.
2. Las dimensiones no deben duplicarse, ni debe darse la misma información en dos formas distintas (excepto para el dimensionamiento dual) y no deben proporcionarse dimensiones a menos que sean necesarias para producir o inspeccionar la parte.
3. Las dimensiones deben darse entre puntos o superficies que tengan una relación funcional entre sí o que controlen la ubicación de partes ajustables.
4. Siempre que sea posible, debe darse preferencia a las dimensiones para superficies terminadas o líneas centrales importantes sobre las dimensiones para las superficies burdas.
5. Las dimensiones deben proporcionarse de manera que no sea necesario que el maquinista calcule, escale o suponga ninguna dimensión.
6. Las dimensiones de una parte deben darse en la vista donde la forma del elemento se muestre de mejor manera.
7. Las dimensiones deben colocarse en las vistas donde los elementos dimensionados se muestren en su forma verdadera.
8. Siempre que sea posible, debe evitarse el dimensionamiento de líneas ocultas.
9. Las dimensiones no deben colocarse en una vista a menos que mejoren la claridad del dibujo y se eviten las líneas de gran extensión.
10. Las dimensiones que se aplican a dos vistas adyacentes deben colocarse entre dichas vistas, a menos que al colocar alguna de las dimensiones en el exterior se mejore la claridad del dibujo.
11. Las dimensiones más largas deben colocarse en el exterior de las dimensiones intermedias de manera que las líneas de dimensión no crucen líneas de extensión.
12. En el dibujo de máquinas, deben omitirse todas las marcas de unidad, excepto cuando son necesarias para darle claridad al dibujo (por ejemplo, VÁLVULA DE 1").
13. No debe esperarse que el personal de manufactura y producción asuman que un elemento esté centrado (como un orificio en una placa); es necesario proporcionar una dimensión de localización a partir de uno de los lados. Sin embargo, si un orificio debe estar centrado en una pieza fundida burda simétrica, puede marcarse la línea central y omitir la dimensión de localización a partir de la línea central.
14. Una dimensión debe estar unida a una sola vista, y no a líneas de extensión que conecten dos vistas.



DETALLE	A	B	C	D	E	F	ROS	CALIBRE	LBS
1	.62	.38	.62	.06	.25	.135	.312- 18	Ø.75	.09
2	.88	.38	.62	.09	.38	.197	.312- 18	Ø.75	.12
3	1.00	.44	.75	.12	.38	.197	.375- 16	Ø.875	.19
4	1.25	.50	.88	.12	.50	.260	.437- 14	Ø.1	.30
5	1.50	.56	1.00	.16	.62	.323	.5- 13	Ø1.125	.46

■ **FIGURA 9.61** ■ Dimensionamiento tabular.



■ **FIGURA 9.62** ■ Dimensionamiento coordenado.

15. Las dimensiones de detalle deben alinearse en forma de cadena.

16. Debe evitarse una cadena completa de dimensiones de detalle; resulta mejor omitirla. En su lugar puede hacerse referencia a la dimensión global encerrándola entre paréntesis.

17. Una línea de dimensión nunca debe dibujarse a través de una cifra de dimensión. Nunca debe escribirse una cifra sobre alguna línea del dibujo. Si es necesario, la línea puede romperse.

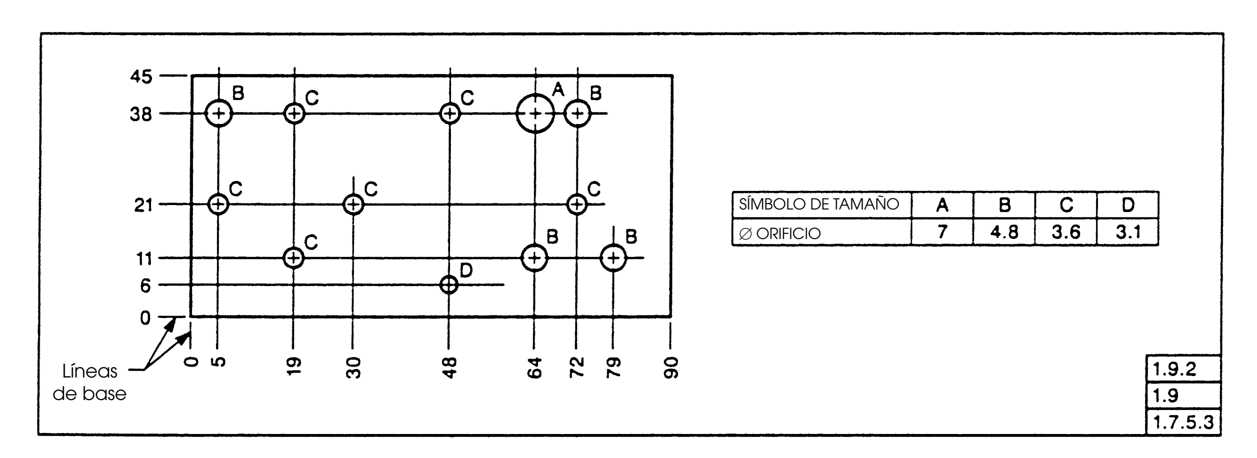
18. Las líneas de dimensión deben espaciarse de manera uniforme a través del dibujo. Deben estar al menos a 10 mm (.38 pulg) del contorno del objeto y separadas entre sí al menos por 6 mm (.25 pulg)

19. Ninguna línea del dibujo debe usarse como línea de dimensión o coincidir con una línea de dimensión.

20. Una línea de dimensión nunca debe unirse de extremo a extremo con alguna línea del dibujo.

21. Si puede evitarse, las líneas de dimensión no deben cruzarse entre sí.

22. Si puede evitarse, las líneas de dimensión no deben cruzarse con las de extensión (las líneas de extensión pueden cruzarse entre sí).



SÍMBOLO DE TAMAÑO	A	B	C	D
Ø ORIFICIO	7	4.8	3.6	3.1

■ **FIGURA 9.63** ■ Dimensionamiento coordenado rectangular sin líneas de dimensión (ANSI/ASME Y14.5M-1994).

23. Cuando las líneas de extensión cruzan otras líneas de extensión o líneas visibles, no debe hacerse ningún rompimiento en ninguna de las líneas.
24. Una línea central puede extenderse y utilizarse como línea de extensión, en cuyo caso se dibujará como una línea central.
25. Las líneas centrales no deben extenderse de una vista a otra.
26. Las llamadas para notas deben ser rectas, no curvas, y apuntar al centro de las vistas circulares de los orificios siempre que esto sea posible.
27. Las llamadas deben tener una pendiente de 45, 30 o 60 grados respecto a la horizontal, pero pueden hacerse a cualquier ángulo conveniente (excepto verticales u horizontales).
28. Las llamadas deben extenderse a partir del inicio o el final de una nota, con la "rama" horizontal extendiéndose desde la altura media del letrero.
29. Las cifras de dimensión deben estar centradas de manera aproximada entre las flechas, excepto con las dimensiones apiladas, donde éstas deben escalonarse.
30. Las cifras de dimensión deben tener una altura aproximada de 3 mm (.13 pulg) para los números enteros y 6 mm (.25 pulg) para las fracciones.
31. Las cifras de dimensión nunca deben acumularse ni ser difíciles de leer por algún otro motivo.
32. Las cifras de dimensión no deben escribirse sobre líneas o áreas seccionadas a menos que sea necesario, en cuyo caso debe reservarse un espacio libre de líneas para las cifras de dimensión.
33. Por lo general, las cifras de dimensión para ángulos se deben escribir en forma horizontal.
34. Las barras de las fracciones nunca deben estar inclinadas excepto en áreas confinadas.
35. El numerador y el denominador de una fracción nunca deben tocar la barra de la fracción.
36. Las notas siempre deben escribirse en forma horizontal en la hoja.
37. Las notas deben ser breves y claras, y la forma de las palabras debe ser estándar.
38. Las marcas de terminado deben colocarse en las vistas del borde de todas las superficies terminadas, incluyendo los bordes ocultos y las vistas de contorno y circulares para superficies cilíndricas.
39. Las marcas de terminado deben omitirse en orificios y otros elementos donde las operaciones de maquinado se especifican mediante una nota.
40. Las marcas de terminado deben omitirse en las partes hechas de material enrollado.
41. Si una parte está terminada completamente, deben omitirse todas las marcas de terminado y debe utilizarse la nota general TERMINADO POR COMPLETO O TPC.
42. Un cilindro se dimensiona proporcionando tanto su diámetro como su longitud en la vista rectangular, excepto cuando las notas se utilizan para orificios. En la vista circular puede utilizarse un diámetro diagonal, siempre y cuando esto incremente la claridad del dibujo.
43. Por lo general, los procesos de manufactura están determinados por las tolerancias anotadas de manera específica en el dibujo. Cuando por alguna razón el proceso de manufactura debe anotarse (como para dimensionar orificios que deben taladrarse, ensancharse o escariarse) se utilizan llamadas que apuntan de preferencia hacia el centro de las vistas circulares de los orificios. Los procesos de manufactura deben proporcionarse en el orden en que éstos serán realizados.
44. Los tamaños de broca deben expresarse en decimales, proporcionando el diámetro. Para las brocas designadas por número o letra, también debe darse el tamaño decimal.
45. En general, un círculo se dimensiona mediante su diámetro y un arco por medio de su radio.
46. Deben evitarse los diámetros diagonales, excepto para orificios muy grandes y centros de círculos. Pueden usarse en cilindros positivos cuando esto aumenta la claridad del dibujo.
47. El valor de dimensión para un diámetro siempre debe estar precedido por el símbolo ∅.
48. Una dimensión de radio siempre debe estar precedida por la letra R. La línea de dimensión radial debe tener sólo una flecha y debe pasar a través de o apuntar hacia el centro y tocar el arco.
49. Los cilindros deben localizarse por sus líneas centrales.
50. Si es posible, los cilindros deben localizarse en las vistas circulares.
51. Cuando la precisión es importante, es preferible localizar cilindros mediante dimensiones coordenadas, que mediante dimensiones angulares.
52. Cuando existen varios elementos burdos, no críticos y que obviamente tienen el mismo tamaño (filetes, redondos, costillas, etcétera), sólo es necesario proporcionar dimensiones típicas (abreviatura TIP) o utilizar una nota.
53. Cuando una dimensión no está a escala, ésta debe subrayarse con una línea recta gruesa o puede agregarse una marca SE o SIN ESCALA.
54. Las dimensiones correspondientes deben proporcionarse de manera apropiada en los dos dibujos de las partes ajustables.
55. Las dimensiones de patrón deben darse con dos posiciones decimales o en números enteros comunes y fracciones al cero más cercano.
56. Para todas las dimensiones de maquinado deben usarse dimensiones decimales.

57. Debe evitarse la acumulación de tolerancias cuando esto afecte el ajuste de partes correspondientes.

9.44 ■ QUÉ HACER Y QUÉ NO HACER EN LA PRÁCTICA DEL DISEÑO

Las figuras 9.64 y 9.65 muestran algunos ejemplos donde el conocimiento de los procesos y las limitaciones de manufactura son esenciales para el buen diseño.

Muchas de las dificultades que se presentan para producir buenas fundiciones resultan de cambios abruptos en la sección o el grosor. En la figura 9.64, los grosores de costilla son uniformes, de manera que el metal fluirá con facilidad a todas las partes. Una regla general útil consiste en que los radios de los filetes sean iguales al grosor de costilla. Cuando es necesario unir un miembro delgado con uno más grueso, el miembro delgado debe engrosarse conforme se aproxima a la intersección (figura 9.64b).

En las figuras 9.64c, 9.64g y 9.64h se usa el escobillado para producir paredes con secciones más uniformes. La figura 9.64d muestra que es posible evitar un cambio abrupto en las secciones marcando las paredes más delgadas y dejando un collarín.

En las figuras 9.64c y 9.64f se muestran ejemplos en los que el diseño más recomendable tiende a permitir que las piezas fundidas se enfríen sin introducir tensiones internas. El diseño menos deseable tiene más probabilidad de romperse durante el enfriamiento, puesto que no se proporciona flexibilidad en el diseño. Los rayos curvos son preferibles a los rectos; asimismo, resulta más conveniente un número impar de rayos que uno par, porque así se evitan las tensiones directas a lo largo de rayos opuestos.

El diseño de una parte puede causar problemas y gastos innecesarios para el taller de patrones y la fundición sin ninguna ganancia para la utilidad del diseño. Por ejemplo, en los diseños indeseables de las figuras 9.64j y 9.64k, los moldes de una pieza no se retirarían de la arena, y se haría necesario el uso de moldes de dos piezas. En los ejemplos preferibles, el diseño es muy útil y conduce al trabajo económico tanto en el taller de moldeado como en la fundición.

Como la figura 9.65a lo muestra, puede usarse una pieza más delgada de la lámina metálica en existencia para ciertos diseños que pueden ligarse o traslaparse. En este caso, los estampados pueden traslaparse si se incrementa un poco la dimensión W, como lo muestra la figura. Con un arreglo de este tipo pueden realizarse grandes ahorros en el consumo de materiales.

El endurecimiento máximo que puede lograrse en el tratamiento térmico del acero depende del contenido de carbón del metal. Para obtener este endurecimiento, es necesario enfriarlo con rapidez o por inmersión, después de haberlo calentado a la temperatura requerida. En la práctica, frecuentemente resulta imposible enfriarlo por inmersión de manera uniforme debido al diseño. En el diseño de la figura 9.65b, la pieza es sólida y podría enfriarse muy bien en el exterior, pero permanecería suave y relativamente débil en el interior. Como se muestra en el ejemplo preferible, una pieza hueca puede enfriarse por inmersión tanto en el exterior como en el interior. Así, es posible que un eje hueco endurecido sea más fuerte que un eje sólido endurecido.

Como la figura 9.65c lo muestra, la adición de un rebajo redondeado, llamado ***cuello***, alrededor de un eje enseguida de una inflexión eliminará una dificultad práctica en la precisión del esmerilado. No sólo resulta más caro esmerilar una esquina interna aguda, sino que esas esquinas conducen con frecuencia a quebraduras y fallas.

El diseño a la derecha de la figura 9.65d elimina una costosa soldadura reforzada, la cual se requeriría para el diseño de la izquierda. El fuerte metal virgen con un radio generoso está presente en el punto en que la tensión parece ser más severa. Es posible hacer el diseño de la izquierda tan fuerte como el de la derecha, pero es más caro y requiere de habilidades expertas y equipo especial.

Es difícil taladrar en una superficie inclinada, como lo muestra la figura 9.65e. El taladrado, en cambio, se facilita considerablemente si se proporciona una saliente plana, como se ilustra a la derecha.

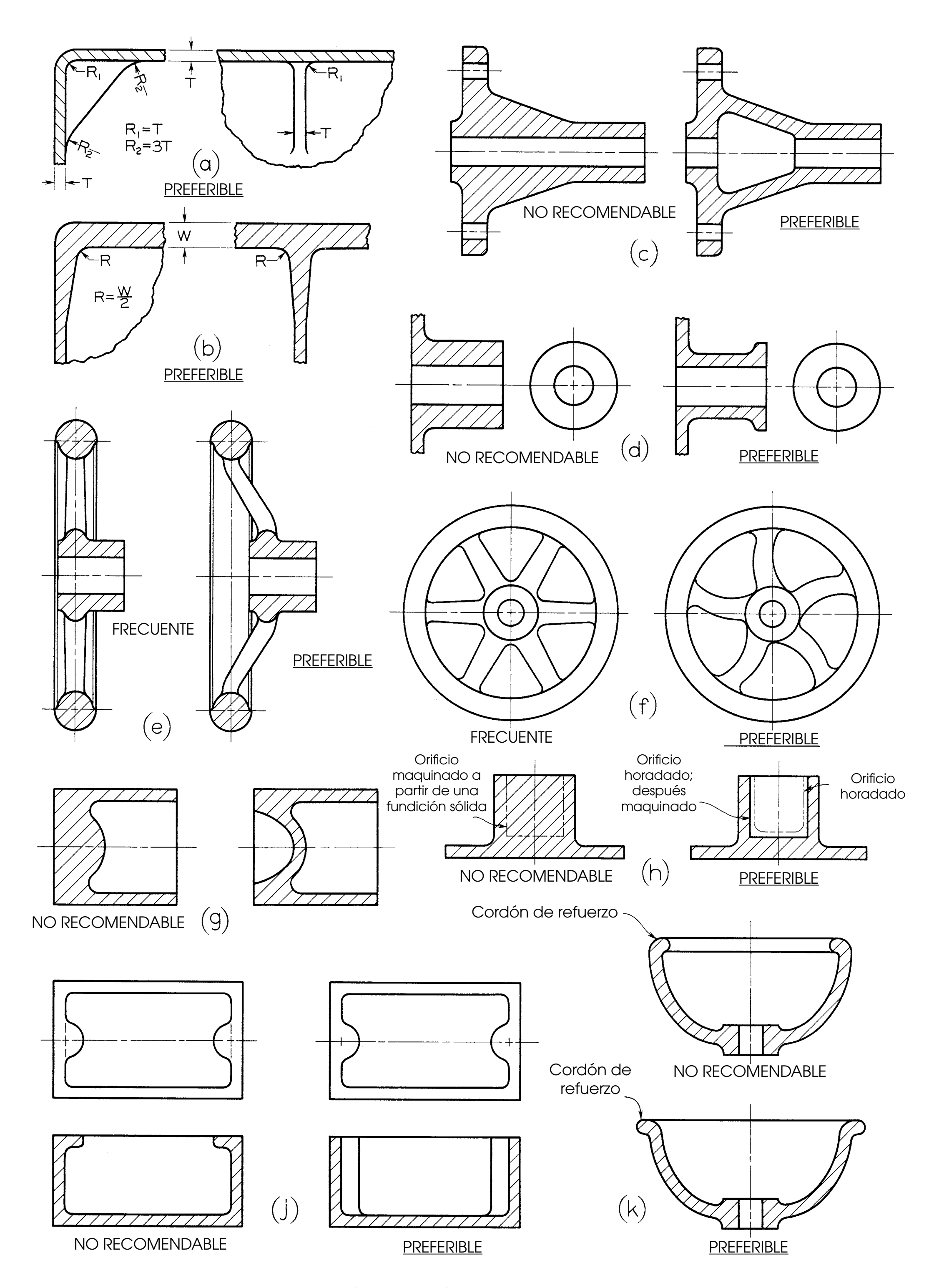
En la figura 9.65f, el diseño a la izquierda requiere un avellanado o escariado exacto de un agujero ciego en toda la parte plana inferior, lo cual es difícil y costoso. Resulta mejor taladrar a una mayor profundidad que la del orificio terminado, como se muestra a la derecha, para proporcionar espacio para la operación de herramientas y el emparejado.

En el ejemplo superior de la figura 9.65g, no puede realizarse el taladrado y el abocardado para el orificio en la pieza central, debido a la parte realzada en el extremo derecho. En el ejemplo aprobado, el extremo se rediseña para proporcionar acceso para la broca y el contrataladro.

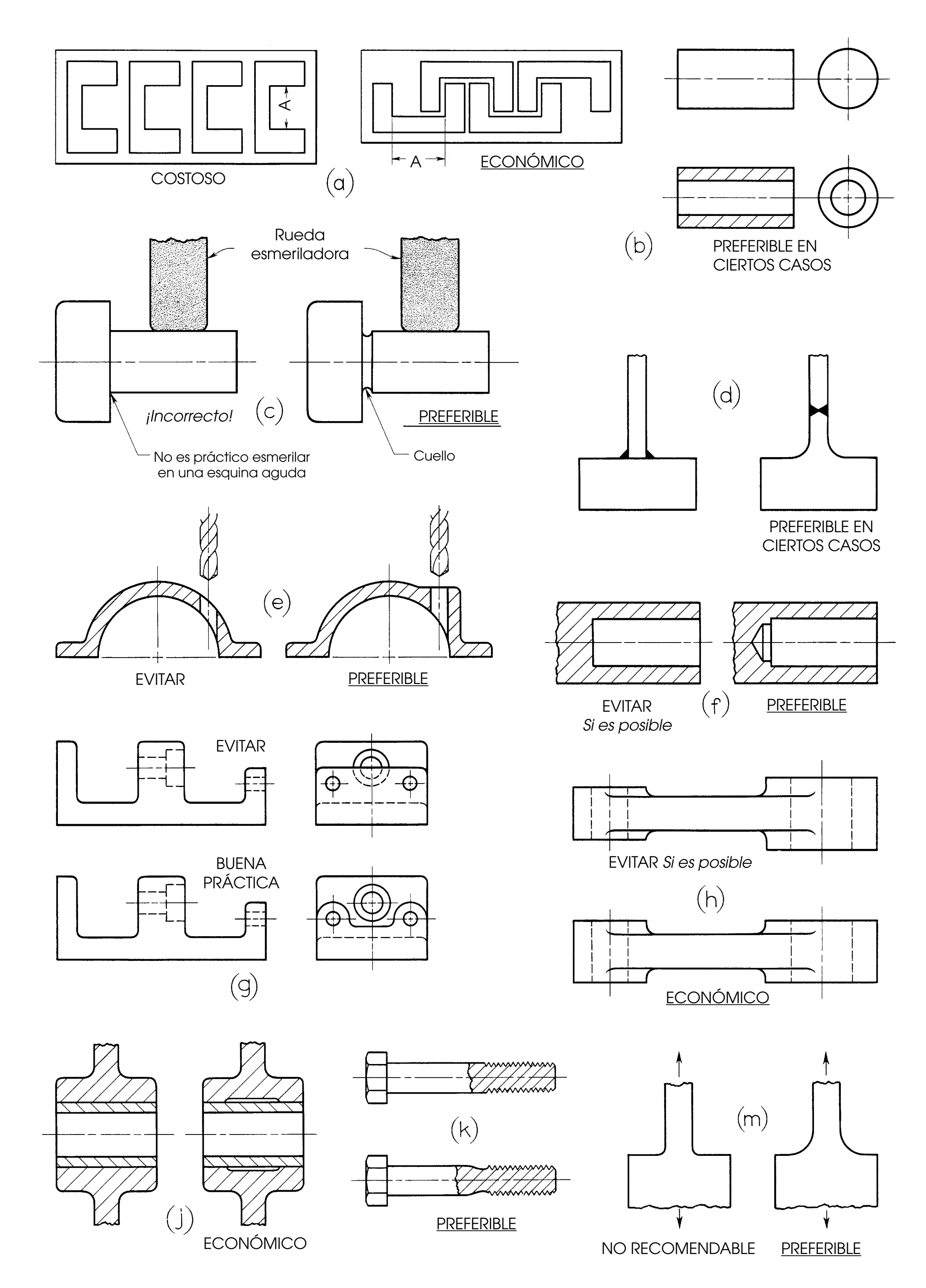
En el diseño superior de la figura 9.65h, los extremos no tienen la misma altura. Como resultado, cada superficie plana debe maquinarse de manera separada. En el diseño siguiente, los extremos tienen la misma altura, las superficies están alineadas de manera horizontal y son necesarias sólo dos operaciones de maquinado. Un buen diseño siempre se caracteriza por simplificar y limitar el maquinado tanto como sea posible.

El diseño de la derecha en la figura 9.65j requiere que la muesca sea perforada para toda la longitud y de esta manera reciba una boquilla a presión. Si el receso horadado se fabrica como se muestra en la figura, el tiempo de maquinado podría disminuirse (esta solución asume que durante su utilización se aplicarán cargas promedio).

En la figura 9.65k, el perno inferior que se muestra está encerrado en un redondeo no más profundo que la raíz de la rosca. Esto hace una transición suave para el pequeño diámetro en la raíz de las roscas y el diámetro grande del cuerpo del perno, lo que produce una menor



■ **FIGURA 9.64** ■ ¿Qué hacer y qué no hacer en el diseño de piezas fundidas?



■ **FIGURA 9.65** ■ ¿Qué hacer y qué no hacer en el diseño de piezas fundidas?

concentración de la tensión y un perno más fuerte. En general, se deben evitar las esquinas internas agudas porque éstas representan puntos de concentración de la tensión y de posible falla. En la figura 9.65m se jala una placa de acero de .25, como lo muestran las flechas; aumentando el radio de las esquinas internas se incrementa la fuerza de la placa debido a que la carga se distribuye sobre un área más grande.



Manos a la obra 9.3

Autoevaluación sobre dimensionamiento

Algunos de los siguientes enunciados son incorrectos.

Lea cada enunciado y seleccione falso o verdadero. Verifique sus respuestas consultando la sección referente a qué hacer y qué no hacer en el dimensionamiento, presentada en las páginas previas.

Verdadero	**Falso**	Las dimensiones no deben duplicarse, ni debe darse la misma información en dos formas diferentes.
Verdadero	**Falso**	Las dimensiones deben colocarse donde los elementos se muestren en su forma verdadera.
Verdadero	**Falso**	El personal de manufactura supondrá que un elemento está centrado.
Verdadero	**Falso**	Las dimensiones deben agruparse alrededor de una vista central, siempre que sea posible.
Verdadero	**Falso**	Nunca debe dibujarse una línea de dimensión a través de una cifra de dimensión.
Verdadero	**Falso**	Una línea de dimensión puede unirse de extremo a extremo con cualquier línea del dibujo.
Verdadero	**Falso**	Las líneas centrales no deben extenderse de vista a vista.
Verdadero	**Falso**	Las llamadas pueden hacerse horizontales o verticales.
Verdadero	**Falso**	Las barras de las fracciones nunca deben estar inclinadas excepto en áreas confinadas, como en tablas.
Verdadero	**Falso**	Las notas deben escribirse de manera horizontal, en forma vertical o formando un ángulo de 45° con la hoja.
Verdadero	**Falso**	Los tamaños de broca deben expresarse en decimales, proporcionando el diámetro.
Verdadero	**Falso**	Un valor de dimensión para un diámetro siempre debe estar precedido por el símbolo ∅.
Verdadero	**Falso**	Si es posible, los cilindros deben localizarse en las vistas rectangulares.
Verdadero	**Falso**	Para todas las dimensiones de maquinado deben utilizarse pulgadas.

PALABRAS CLAVE

AHUSAMIENTO POR UNIDAD DE DIÁMETRO
AHUSAMIENTO
BISELES
CHAFLÁN
CÍRCULO DE PERNOS
CONFIGURACIÓN
CUELLO
DIMENSIÓN DE REFERENCIA
DIMENSIONAMIENTO COMBINADO
DIMENSIONAMIENTO DECIMAL COMPLETO
DIMENSIONAMIENTO
DIMENSIONES CORRESPONDIENTES
DIMENSIONES DE LOCALIZACIÓN
DIMENSIONES DE TAMAÑO
EJE NEUTRAL
ESTIRAMIENTO
GRADO
INCLINACIÓN
LÍNEA CENTRAL DE DOBLEZ
LÍNEA CENTRAL
LÍNEA DE BASE
LÍNEA DE DIMENSIÓN
LÍNEA DE EXTENSIÓN

LÍNEA DE MOLDE EXTERIOR
LÍNEA DE MOLDE INTERIOR
LÍNEA DE MOLDE
LLAMADA
MARCA DE TERMINADO
METRO
METROS
MILÍMETROS
MOLETEADO
NOTAS LOCALES
PENDIENTE
PIES
PULGADAS DECIMALES
PULGADAS
PUNTAS DE MÁQUINA ESTÁNDAR
REFERENCIAS
RUGOSIDAD
SISTEMA ALINEADO
SISTEMA SI
SISTEMA UNIDIRECCIONAL
TEXTURA DE SUPERFICIE
TOLERANCIA DE DOBLEZ
YARDA

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Para incrementar la claridad de un dibujo, se le agregan dimensiones y notas que describen de manera precisa su tamaño, ubicación y proceso de manufactura.
- Los dibujos se escalan para ajustarse en una hoja de papel estándar. Los dibujos creados a mano se dibujan a escala. Los dibujos de CAD se elaboran a tamaño completo y se escalan al momento de imprimirlos.
- Los tres tipos de escalas son la métrica, la de ingeniería y la de arquitectura.
- Las dimensiones y notas se colocan en los dibujos de acuerdo con los estándares prescritos.
- Las dimensiones mal colocadas en un dibujo se consideran tan erróneas como las dimensiones con números incorrectos.

PREGUNTAS DE REPASO

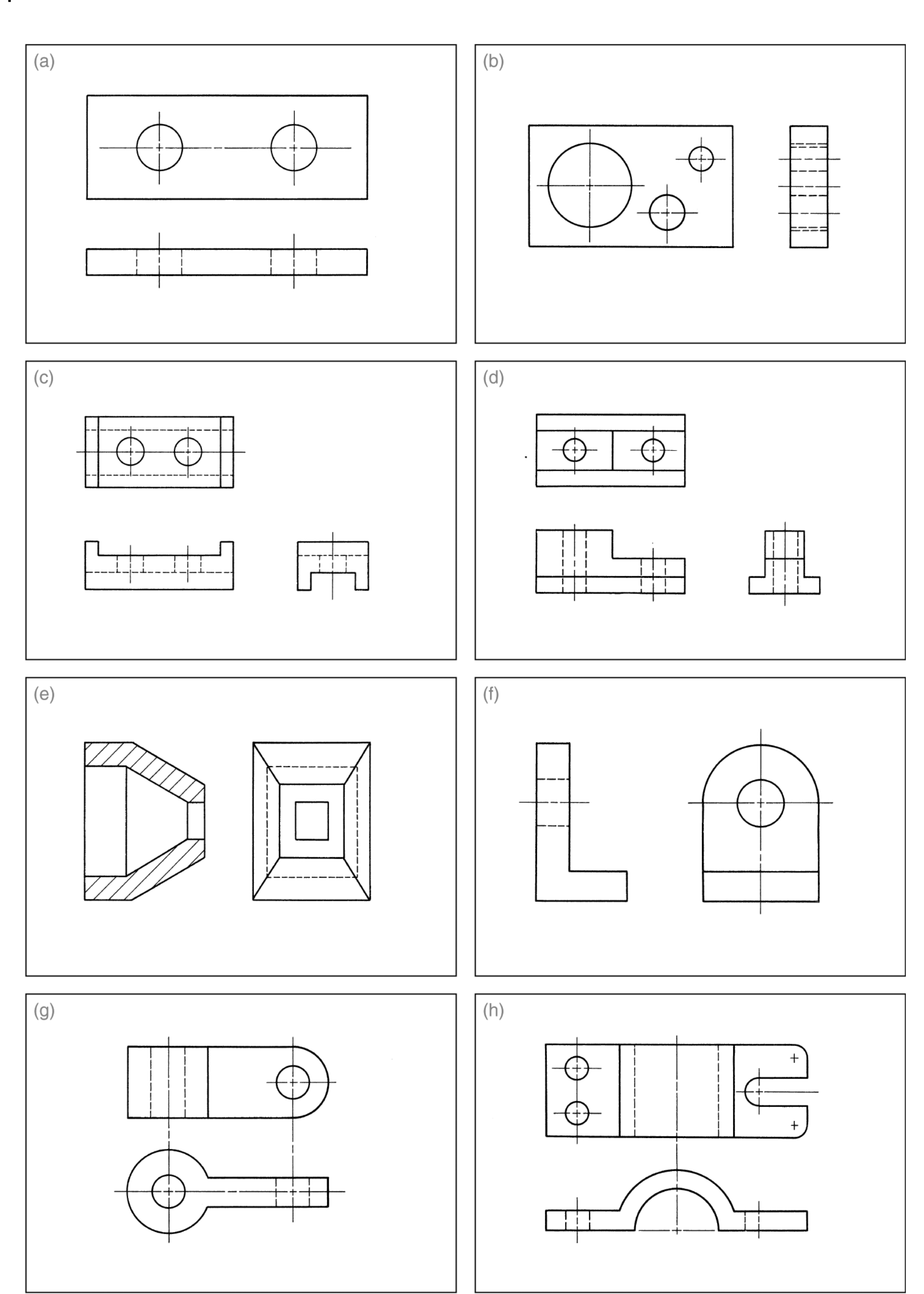
1. ¿Qué tipo de línea nunca debe ser cruzada por otra cuando se dimensiona un objeto?
2. ¿Cómo se utiliza el análisis geométrico en el dimensionamiento?
3. ¿Cuál es la diferencia entre una dimensión de tamaño y una dimensión de localización?
4. ¿Cuál sistema de dimensiones permite que éstas puedan leerse desde abajo y desde la derecha? ¿Cuándo puede leerse una dimensión desde la izquierda?
5. Bosqueje un ejemplo de dimensionamiento de un ángulo.
6. ¿Cuándo se utilizan las marcas de terminado? Dibuje dos tipos.
7. ¿Cómo se dimensionan los cilindros negativos y positivos? Dibuje ejemplos.
8. ¿Cómo se dimensionan los orificios y los arcos? Dibuje ejemplos.
9. ¿Para qué se usan son las notas y llamadas?
10. ¿Por qué es importante evitar la inclusión de dimensiones superfluas?

PROYECTOS DE DIMENSIONAMIENTO

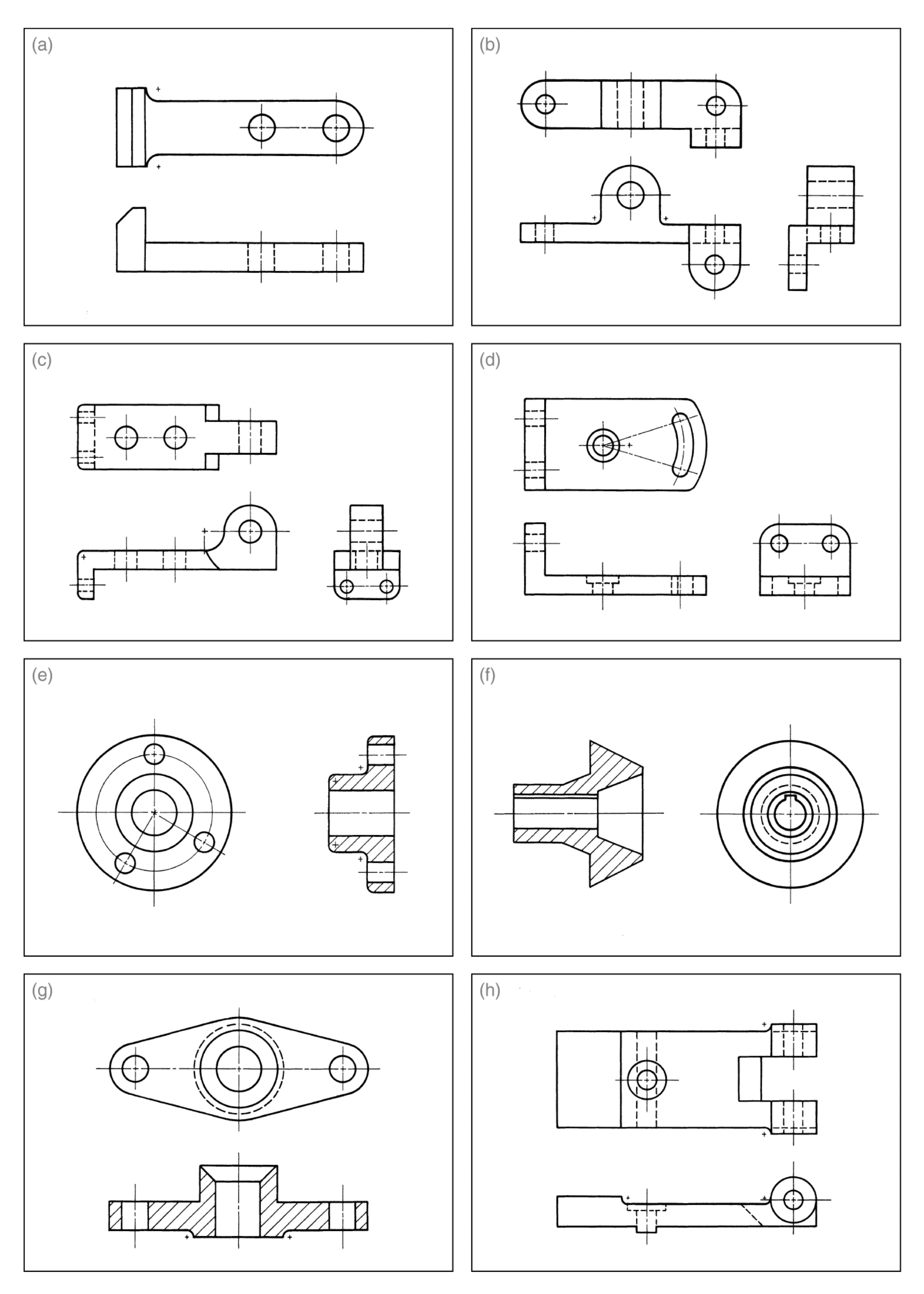
Practique el dimensionamiento utilizando los dibujos de trabajo asignados en otros capítulos. También se tiene cierto número de proyectos especiales de dimensionamiento en las figuras de la 9.66 a la 9.99. Los problemas están diseñados para el esquema A.3 (8.5 × 11 pulg) y deben bosquejarse y dimensionarse a una escala de tamaño completo. Puede utilizar el esquema A4-3 (297 × 420 mm) con los ajustes apropiados en la distribución del cuadro de títulos.

PROYECTO DE DISEÑO

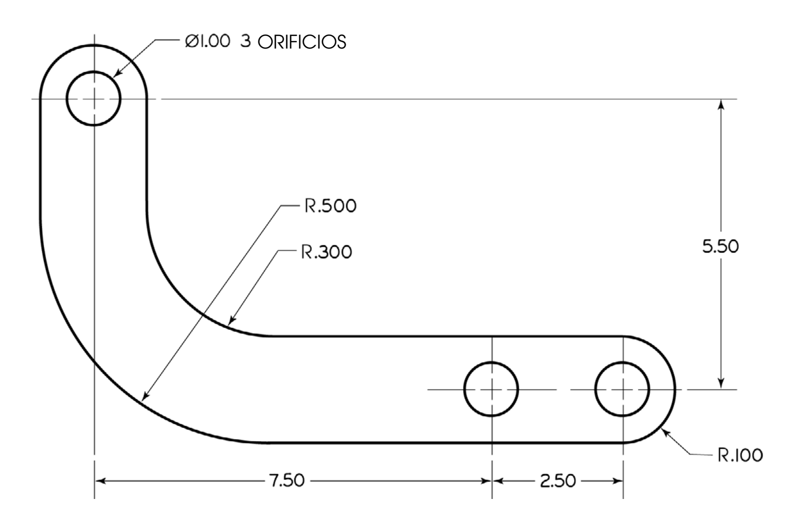
Diseñe un rompecabezas o juego de bolsillo con partes que puedan ensamblarse y desensamblarse, o que puedan acomodarse en una variedad de formas. El cubo de Rubik es un ejemplo de este tipo de acertijos, pero el suyo puede ser más simple (o más complejo). Considere los materiales y procesos que deben usarse para producir masivamente su acertijo. Bosqueje vistas ilustrativas y ortogonales con una escala a tamaño completo, donde especifique sus dimensiones de acuerdo con las prácticas aprendidas en este capítulo. Utilice una nota general donde especifique la tolerancia, el material y los terminados necesarios para fabricar las partes.



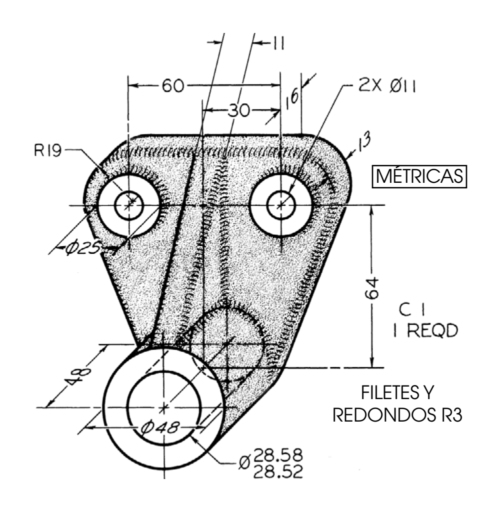
■ **FIGURA 9.66** ■ Utilice el esquema A-3 o A4-3 (ajustado), bosqueje o use CAD para dibujar las partes mostradas. Para determinar tamaños, haga dimensiones de la figura. Suponga que las partes se muestran aquí a la mitad de su tamaño. Según se asigne, dimensione el dibujo por completo con una cifra decimal para los milímetros o dos cifras decimales para las pulgadas, a tamaño completo. Para ver equivalencias de décimas de pulgada y milímetros, consulte la tercera de forros.



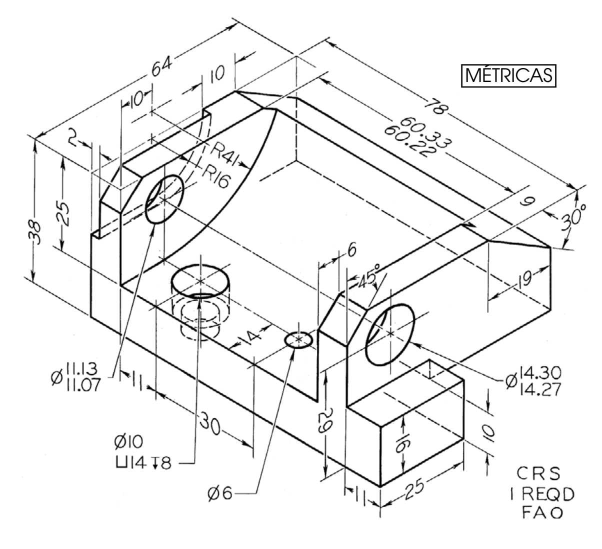
■ **FIGURA 9.67** ■ Utilice el esquema A-3 o A4-3 (ajustado), bosqueje o use CAD para dibujar las partes mostradas. Para determinar tamaños, haga mediciones de la figura. Suponga que las partes se muestran aquí a la mitad de su tamaño. Según se asigne, dimensione el dibujo por completo con una cifra decimal para los milímetros y dos cifras decimales para las pulgadas, a tamaño completo. Para ver equivalencias de décimas de pulgada y milímetros, consulte la tercera de forros.



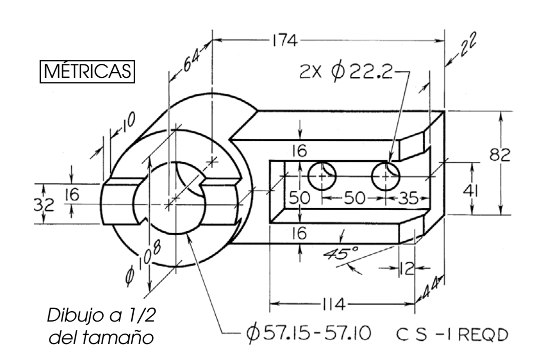
■ **FIGURA 9.68** ■ Utilice el esquema A-3 o A4-3 (ajustado), dibuje la LME y la LMI.



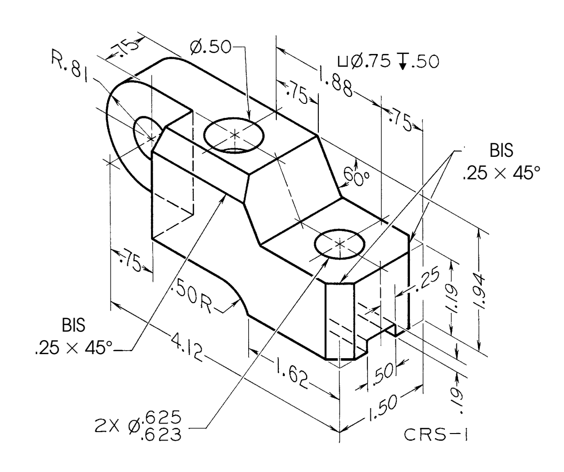
■ **FIGURA 9.70** ■ Cojinete para varilla de alimentación (Esquema A-3).*



■ **FIGURA 9.69** ■ Bloque de gozne (esquema A-3).

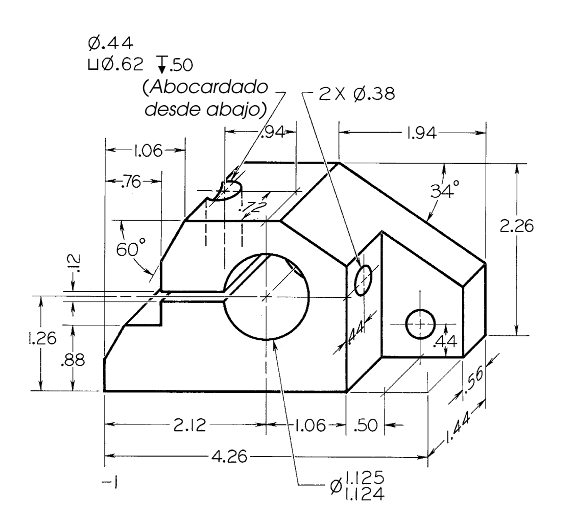


■ **FIGURA 9.71** ■ Cubo de palanca (Esquema A-3).*

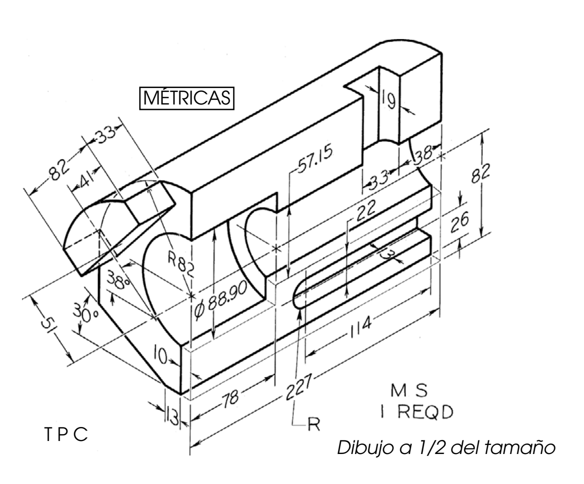


■ **FIGURA 9.72** ■ Brazo de vibrador (Esquema A-3).*

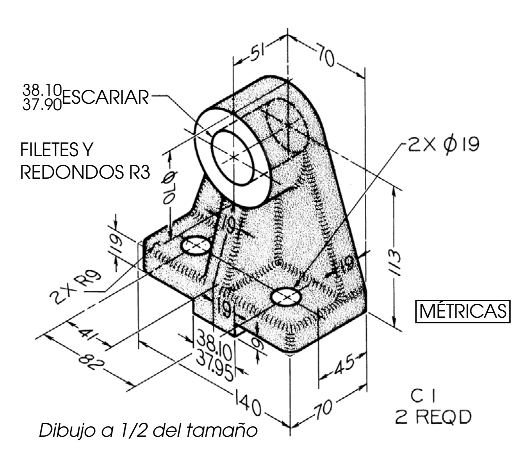
**Dibuje o bosqueje las vistas necesarias. Puede utilizar el esquema A4-3 (ajustado). Muestre todas las dimensiones y notas necesarias. Use dimensiones en milímetros o pulgadas decimales según lo asigne su profesor.*



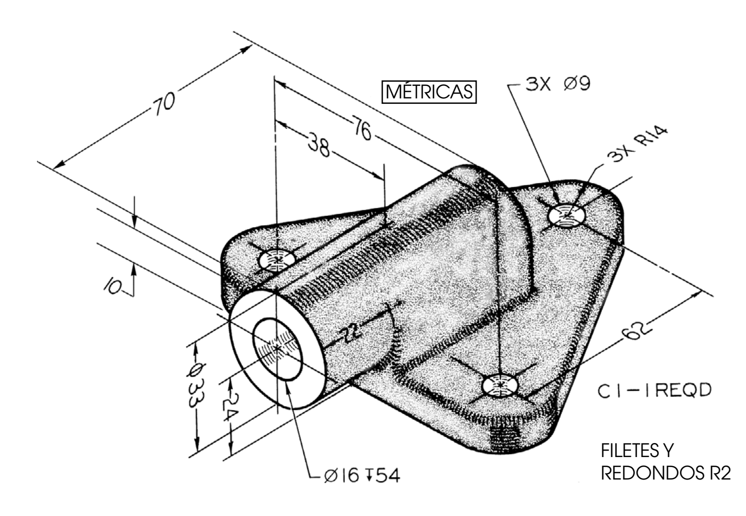
■ **FIGURA 9.73** ■ Palanca de embrague (Esquema A-3).*



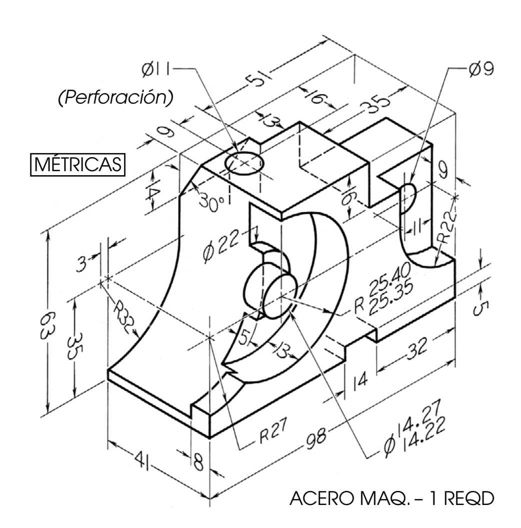
■ **FIGURA 9.76** ■ Bloque de control (Esquema A-3).*



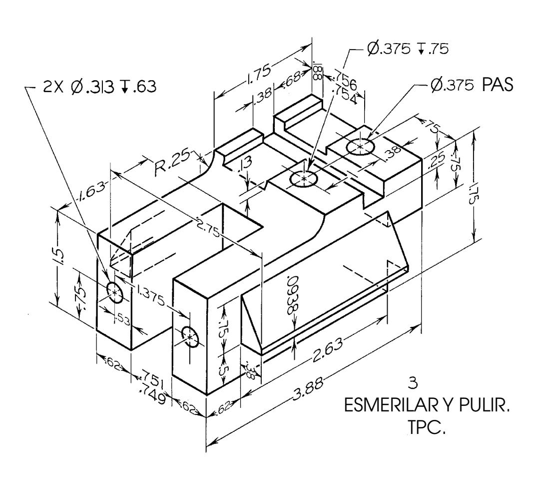
■ **FIGURA 9.74** ■ Ménsula de contra cojinete (Esquema A-3).*



■ **FIGURA 9.77** ■ Cojinete con boquilla (Esquema A-3).*

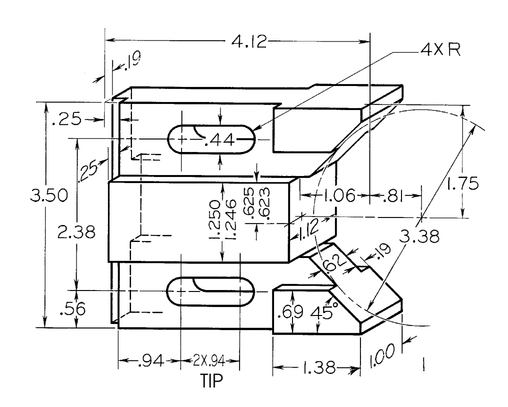


■ **FIGURA 9.75** ■ Caja de herramientas (Esquema A-3).*

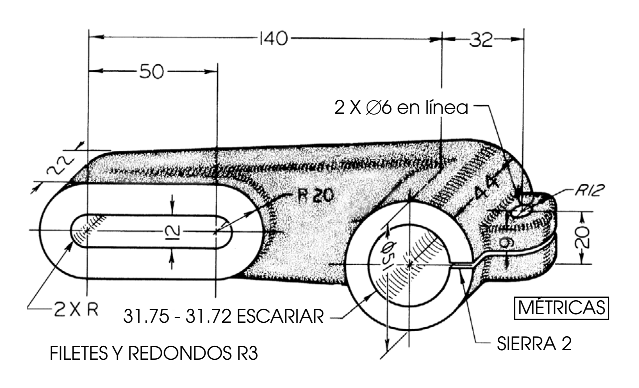


■ **FIGURA 9.78** ■ Caja de herramientas (Esquema A-3).*

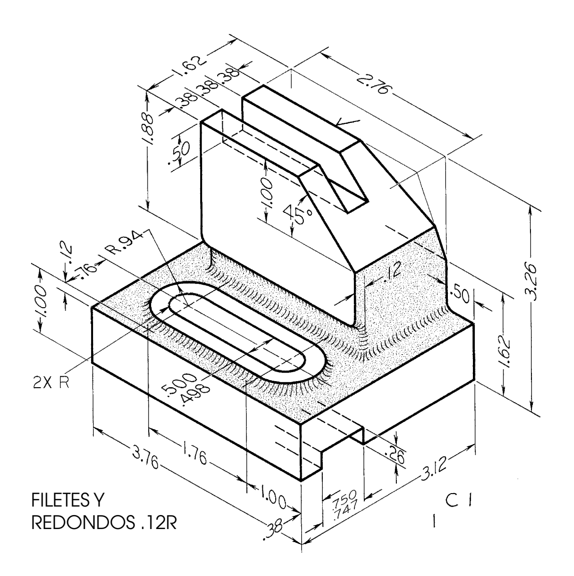
**Dibuje o bosqueje las vistas necesarias. Puede utilizar el esquema A4-3 (ajustado). Use dimensiones en milímetros o pulgadas decimales según lo asigne su profesor.*



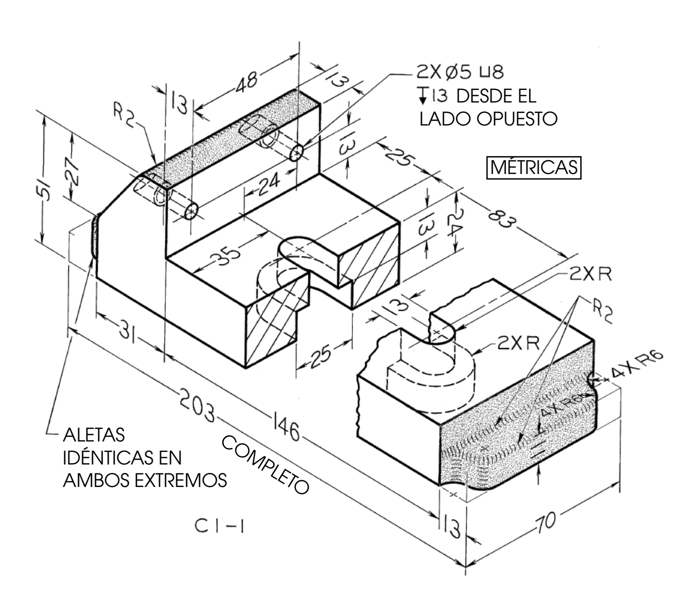
■ **FIGURA 9.79** ■ Bloque de localización en V (Esquema A-3).*



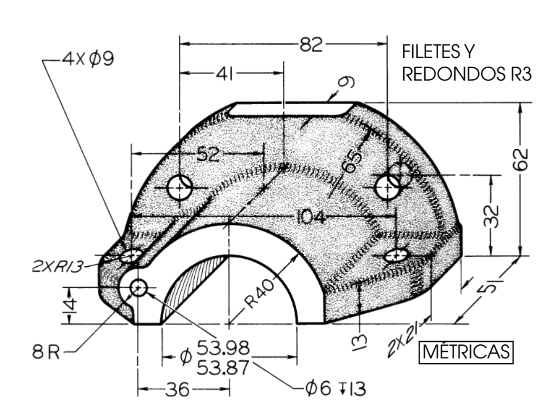
■ **FIGURA 9.80** ■ Ménsula de ancla (Esquema A-3).*



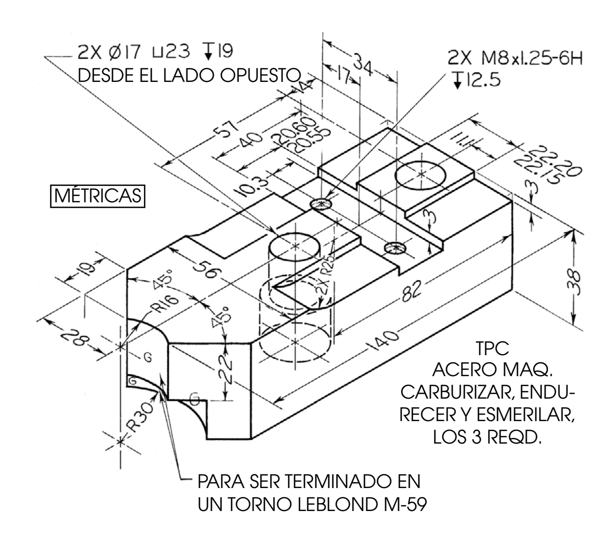
■ **FIGURA 9.81** ■ Ménsula de ancla (Esquema B-3).*



■ **FIGURA 9.82** ■ Base para prensa (Esquema B-3).*

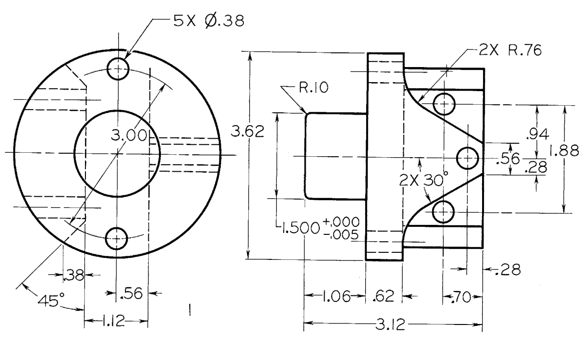


■ **FIGURA 9.83** ■ Protección contra polvo (Esquema B-3).*

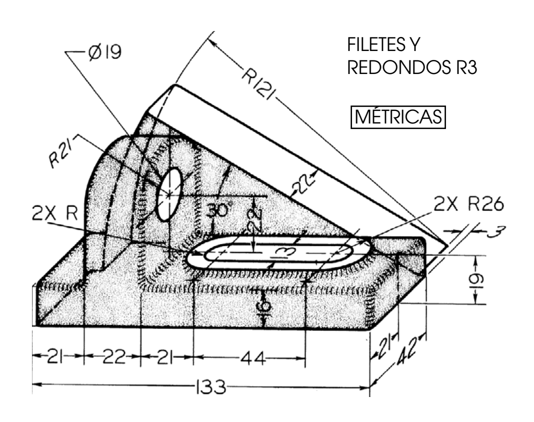


■ **FIGURA 9.84** ■ Quijada de sujeción (Esquema B-3).*

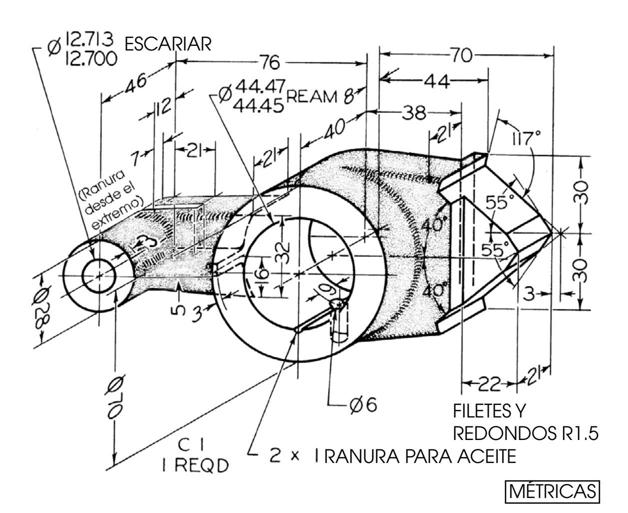
**Dibuje o bosqueje las vistas necesarias. Puede utilizar el esquema A4-3 (ajustado). Use dimensiones en milímetros o pulgadas decimales según lo asigne su profesor.*



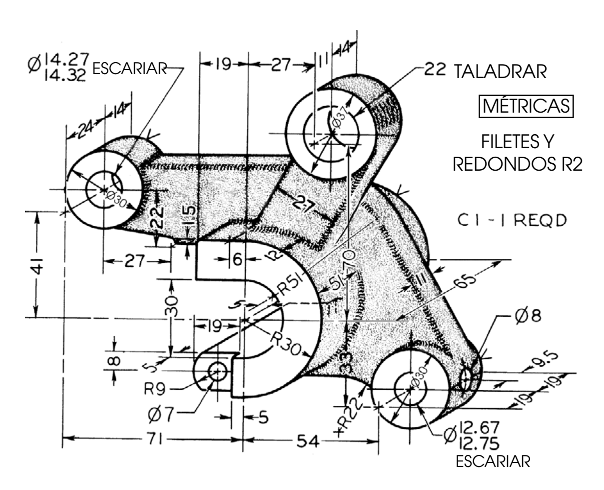
■ **FIGURA 9.85** ■ Caja (Esquema B-3).*



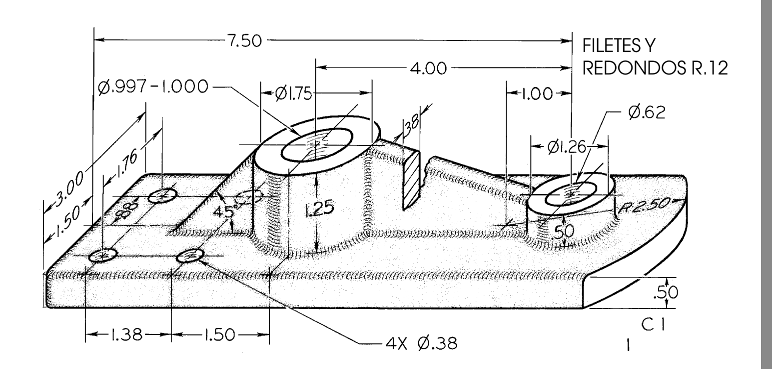
■ **FIGURA 9.86** ■ Cuña centradora (Esquema B-3).*



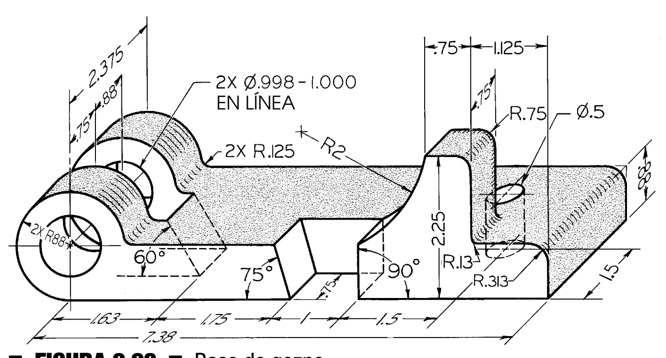
■ **FIGURA 9.87** ■ Palanca de cambios de un motor. Dibuje o bosqueje las vistas necesarias (Esquema B-3 o A3-3).*



■ **FIGURA 9.88** ■ Rodillo en forma de boquilla—LH. Dibuje o bosqueje las vistas necesarias (Esquema B-4 o A3-4 ajustado).*

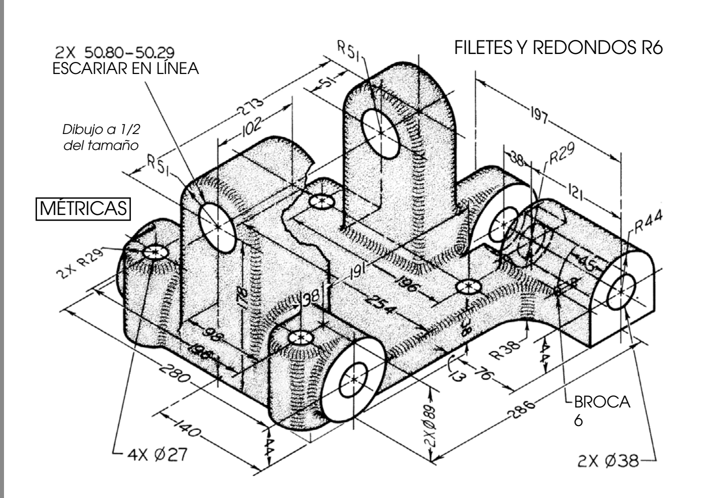


■ **FIGURA 9.89** ■ Base de tope.
Dibuje o bosqueje las vistas necesarias (Esquema B-3 o A3-3).*

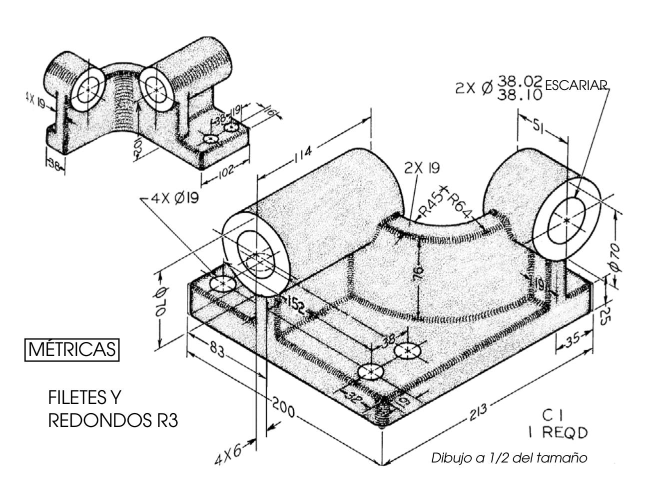


■ **FIGURA 9.90** ■ Base de gozne.
Dibuje o bosqueje las vistas necesarias (Esquema B-3 o A3-3).*

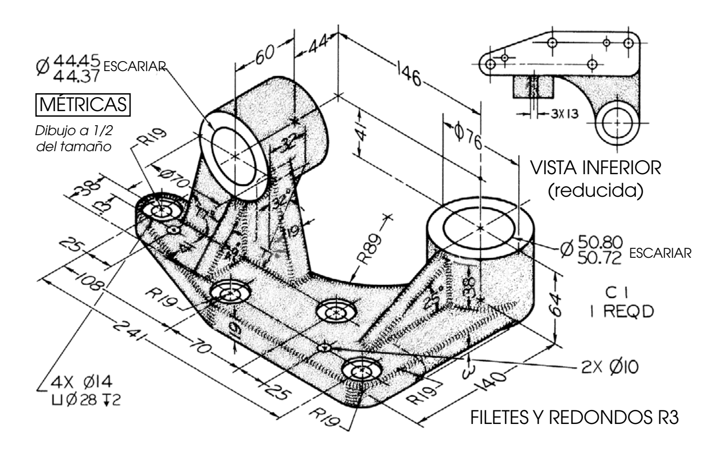
**Use dimensiones en milímetros o pulgadas decimales según lo asigne su profesor.*



■ **FIGURA 9.91** ■ Base de tope automática.
Dibuje o bosqueje las vistas necesarias (Esquema C-3 o A2-3).*

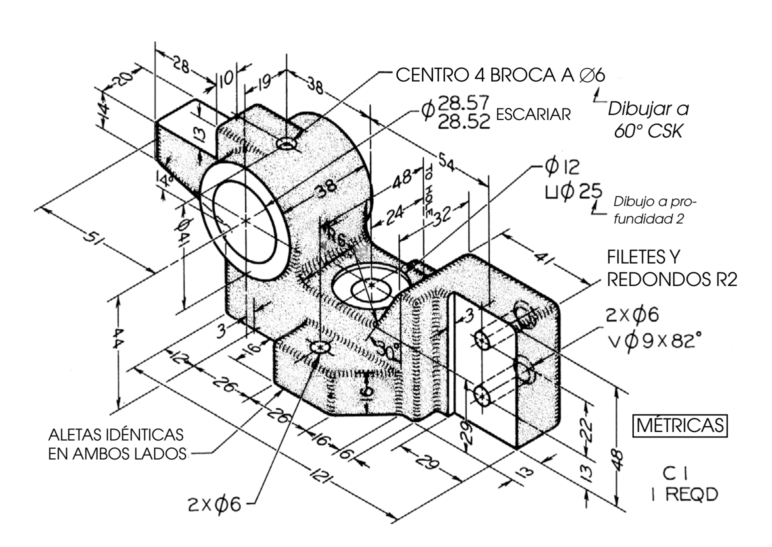


■ **FIGURA 9.92** ■ Ménsula de tornillos guía.
Dibuje o bosqueje las vistas necesarias (Esquema C-3 o A2-3).*

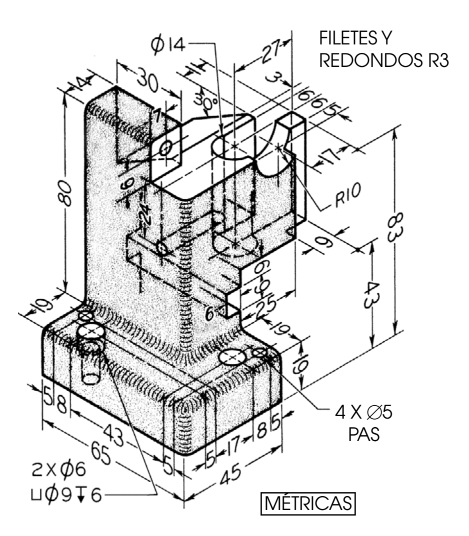


■ **FIGURA 9.93** ■ Ménsula de palanca.
Dibuje o bosqueje las vistas necesarias (Esquema C-3 o A2-3).*

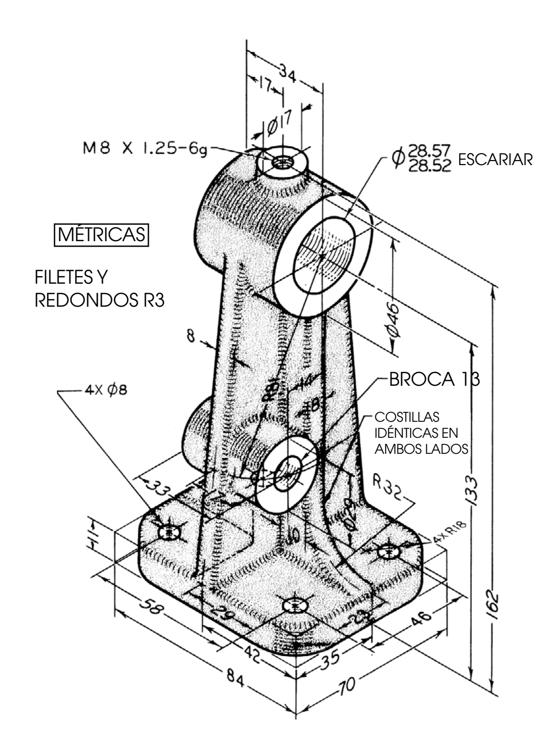
Use dimensiones en milímetros o pulgadas decimales según lo asigne su profesor.



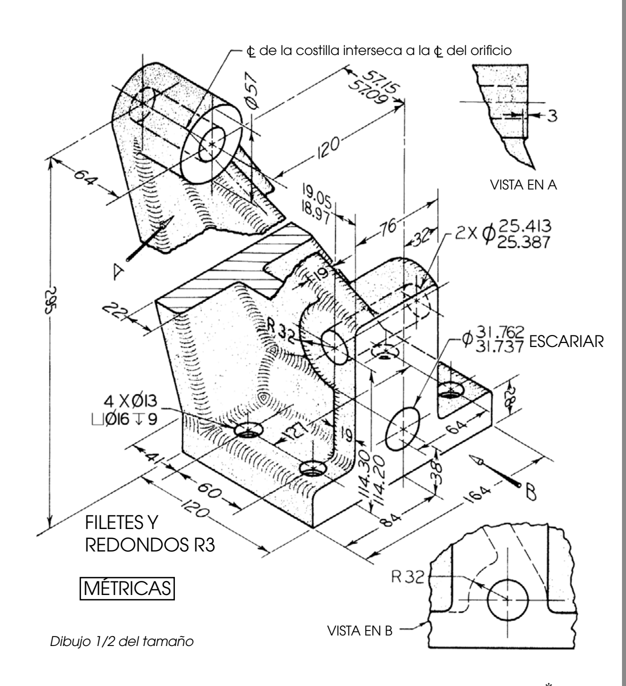
■ **FIGURA 9.94** ■ Centro de sujetador de rieles.
Dibuje o bosqueje las vistas necesarias (Esquema B-3 o A3-3).*



■ **FIGURA 9.96** ■ Base de fijación. (Esquema C-4).*

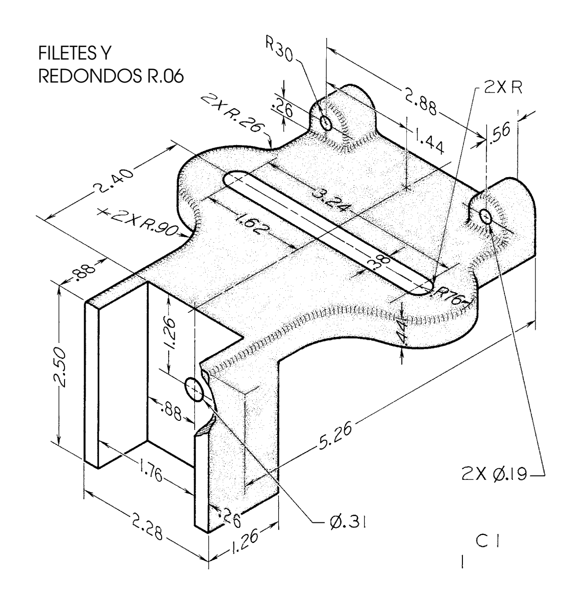


■ **FIGURA 9.95** ■ Ménsula de cojinete.
Dibuje o bosqueje las vistas necesarias (Esquema B-3 o A3-3).*

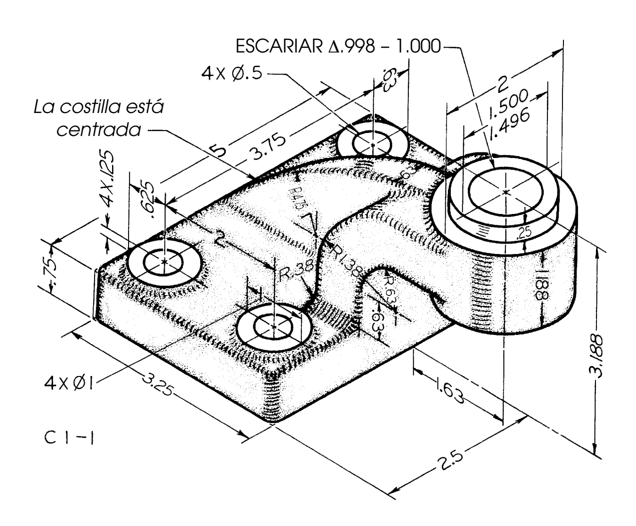


■ **FIGURA 9.97** ■ Base de eyector. (Esquema C-4).*

**Dibuje o bosqueje las vistas necesarias. Puede utilizar el esquema A2-4. Use dimensiones en milímetros o pulgadas decimales según lo asigne su profesor.*



■ **FIGURA 9.98** ■ Ménsula de tensión (Esquema C-4).*



■ **FIGURA 9.99** ■ Cojinete sesgado (Esquema C-4 o A2-4).*

Dibuje o bosqueje las vistas necesarias. Puede utilizar el esquema A2-4. Use dimensiones en milímetros o pulgadas decimales según lo asigne su profesor.

Capítulo

10

Diseño, procesos y dibujo

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Definir *manufactura* de acuerdo con su sentido contemporáneo.**
2. **Analizar la importancia de las etapas iniciales del diseño en el desarrollo y la manufactura del producto.**
3. **Definir *ingeniería concurrente* y mostrar cómo este enfoque sistemático integra los procesos de diseño y manufactura.**
4. **Explicar la importancia del diseño, la ingeniería y la manufactura asistidos por computadora en el desarrollo del producto.**
5. **Explicar la importancia de los prototipos y la creación rápida de prototipos en los procesos de manufactura modernos.**
6. **Definir *diseño para la manufactura* y *diseño para la manufactura y el ensamblaje*.**
7. **Explicar la importancia de la selección del material adecuado con base en sus propiedades, costo y disponibilidad, apariencia, vida útil y potencial de reciclaje.**
8. **Listar los procesos de manufactura típicamente utilizados en la actualidad.**
9. **Explicar la importancia de la precisión de las dimensiones y el terminado de la superficie.**
10. **Listar los dispositivos de medición típicos que se utilizan en la manufactura.**
11. **Analizar los beneficios de la manufactura asistida por computadora.**

PANORAMA

Tómese unos momentos para revisar todos los objetos que le rodean: plumas, relojes, calculadoras, teléfonos, sillas, lámparas. Se dará cuenta de que cada uno de ellos tiene una forma y característica: han sido producidos a partir de distintas materias primas y se han ensamblado para darles las líneas que finalmente tienen.

Algunas cosas constan de sólo una parte, como los clavos, los pernos, los ganchos de alambre o plástico, las ménsulas de metal y los tenedores. Sin embargo, la mayoría de los objetos, como los motores de avión (inventados en 1939), los bolígrafos (1938), los tostadores (1926), las lavadoras (1910), los sistemas de aire acondicionado (1928), los refrigeradores (1931), las fotocopiadoras (1949)y productos que son ensamblados de varias partes fabricadas con una gran variedad de materiales. Todo se hace mediante diferentes procesos englobados en lo que se conoce como "manufactura."

La manufactura es, en su sentido más amplio, el proceso mediante el cual las materias primas se convierten en productos. Abarca el diseño del producto, la selección de materias primas y procesos mediante los que se lleva a cabo la manufactura de bienes, a través de diferentes métodos y técnicas de producción.

La manufactura es la columna vertebral de cualquier nación industrializada. Su importancia es tal que, como actividad económica, constituye entre el 20 y el 30 por ciento del valor de todos los bienes y servicios producidos. El nivel de la actividad manufacturera está directamente relacionado con el poder económico de un país: por lo general, entre mayor sea, más alto es el nivel de vida de sus habitantes.

La manufactura también involucra actividades en las que un producto fabricado se utiliza a su vez para hacer mayor productividad. Como ejemplos pueden mencionarse las grandes prensas utilizadas para dar forma al metal de las carrocerías de los automóviles, la maquinaria para hacer pernos y tuercas, y las máquinas de coser para confeccionar ropa. Un aspecto igualmente importante de las actividades de manufactura es el servicio y el mantenimiento dados a esta maquinaria durante su vida útil.

Los dibujos de ingeniería, ya sean creados con instrumentos de dibujo o con CAD, contienen instrucciones detalladas para manufacturar los objetos descritos. Los dibujos deben proporcionar información relativa a la forma, el tamaño, los materiales, el terminado y, algunas veces, el proceso de manufactura requerido. Este capítulo proporciona a los ingenieros y diseñadores la información acerca de los términos y procesos utilizados en manufactura; dicha información los ayudará en la elaboración de sus dibujos.

10.1 ▪ DEFINICIÓN DE "MANUFACTURA"

La palabra "manufactura" se deriva del término en latín *manu factus*, que significa "hecho a mano". En el sentido moderno, la manufactura involucra la fabricación de productos a partir de materias primas mediante diferentes procesos, maquinarias y operaciones, siguiendo un plan bien organizado para cada actividad requerida. "Producto" es algo que se elabora; las palabras "producto" y "producción" aparecieron por primera vez en algún momento del siglo XV. Con frecuencia, la palabra "producción" se emplea como sinónimo de "manufactura". Así, mientras que en Estados Unidos se emplea el término "ingeniería de manufactura", en otros países se utiliza más "ingeniería de producción".

Dado que un artículo manufacturado ha pasado por un conjunto de procesos en los que la materia prima se convierte en productos útiles, éste tiene un valor que se define como *valor monetario* o *precio comercial*. Por ejemplo, la arcilla, que es la materia prima de la cerámica, tiene cierto valor cuando éste se obtiene de la tierra; Cuando el metal se utiliza para hacer una herramienta de corte de cerámica o un aislante eléctrico, la arcilla recibe un valor agregado. De manera similar, un gancho para ropa o un clavo tienen un valor superior al costo del tramo de alambre a partir del cual se fabricaron. Por lo tanto, la manufactura tiene la importante función de agregar valor a los artículos.

Gracias a la manufactura es posible elaborar productos detallados o productos continuos como: clavos, engranes, balines para cojinetes, latas para bebidas y soportes para motor que son algunos ejemplos de partes y accesorios (aunque se producen en masa a tasas muy altas de producción, son partes individuales); por otro lado, los rollos de alambre, las láminas metálicas o plásticas, la tubería y los rollos de manguera son productos continuos que

pueden cortarse en longitudes individuales y así convertirse en partes y accesorios detallados.

Por lo general, la manufactura es una actividad compleja que involucra una amplia variedad de recursos y actividades como:

- Diseño del producto.
- Adquisiciones.
- Mercadotecnia.
- Maquinarias y herramientas.
- Producción
- Ventas.
- Planeación del proceso.
- Control de la producción.
- Embarques.
- Materiales.
- Servicios de apoyo.
- Servicio al cliente.

Las actividades de manufactura deben satisfacer algunas demandas y tendencias:

1. Un producto debe satisfacer por completo los requerimientos de diseño y las especificaciones y estándares del producto.
2. Un producto debe manufacturarse mediante los métodos más económicos, siguiendo las normas y leyes de protección al ambiente.
3. La calidad del producto debe ser necesaria y asegurarse en cada etapa, desde el diseño hasta el ensamble, en lugar de intentar controlarla sólo en las pruebas que se hacen al final del proceso. Además, deberá garantizarse que la calidad sea la apropiada para el uso adecuado que se vaya a destinar al producto.
4. En un ambiente industrial altamente competitivo, los métodos de producción deben ser lo suficientemente flexibles para responder a diferentes demandas del mercado, tipos de productos, tasas de producción, cantidades de producción y tiempos de entrega al cliente.
5. El desarrollo de nuevos materiales y métodos de producción e integración computacional de las actividades tecnológicas y administrativas de una organización manufacturera debe evaluarse de manera constante, sin perder de vista el objetivo de la implementación adecuada, puntual y económica.
6. Las actividades de manufactura deben verse como un gran sistema en el que sus partes están interrelacionadas. Estos sistemas se pueden modelar para estudiar el efecto de factores tales como cambios en la demanda del mercado, en el diseño del producto y en los materiales. Existen muchos otros factores y métodos de producción que afectan la calidad del producto y su costo.
7. Una organización manufacturera debe buscar continuamente niveles más altos de acuerdo a las normas de calidad y productividad; es decir, debe perseguir siempre el uso óptimo y necesario de todos sus recursos como: materiales, máquinas, energía, capital, mano de obra y tecnología. Debe maximizarse la utilidad gracias a las horas–hombre y horas-máquina en todas las fases de la manufactura. Otro aspecto integral de la productividad es el criterio de cero rechazos y cero desperdicios.

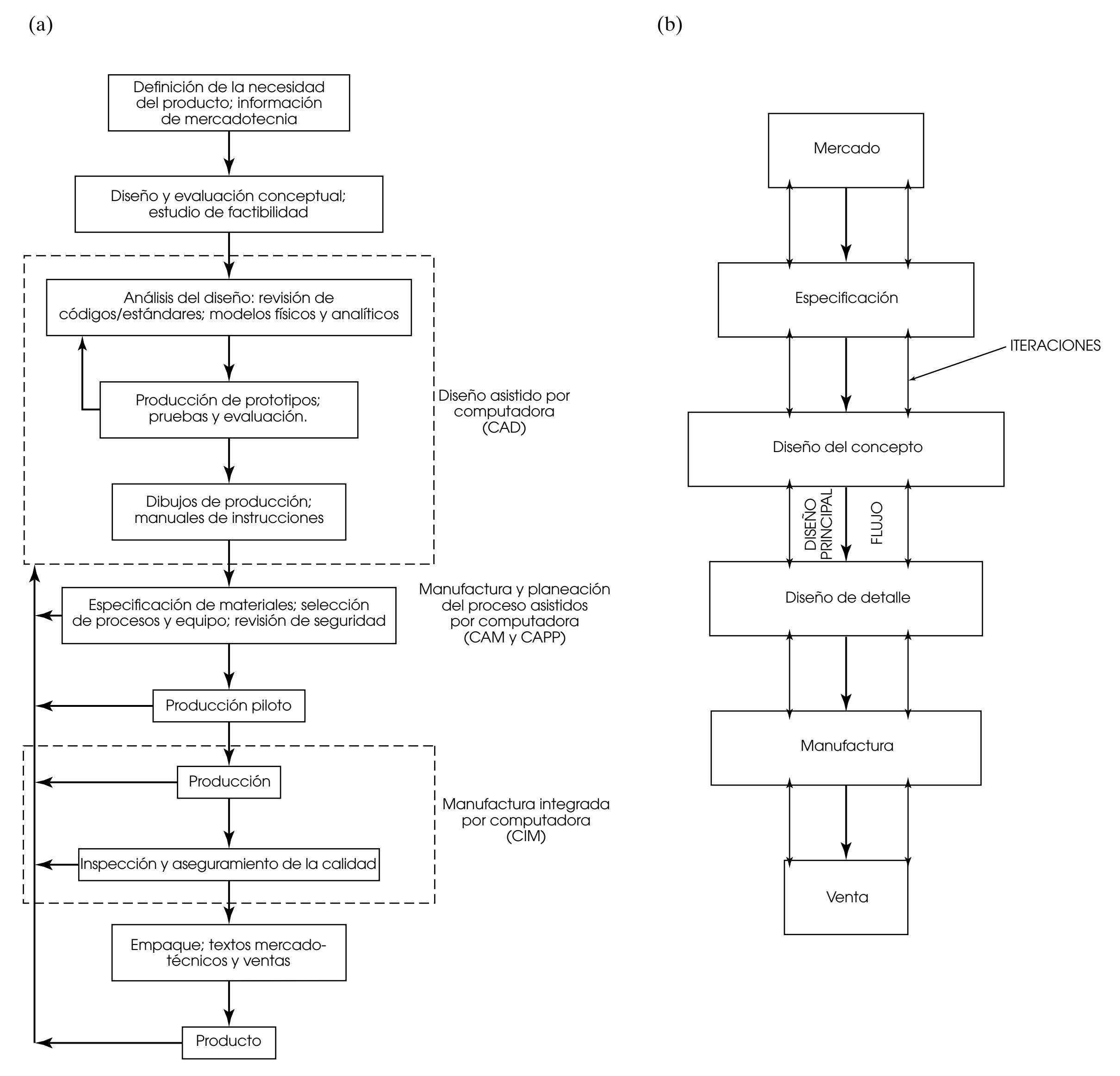
10.2 ▪ PROCESO DE DISEÑO E INGENIERÍA CONCURRENTE

Para iniciar el *proceso de diseño* se requiere comprender claramente las funciones y el desempeño que se esperan del producto, que puede ser nuevo o una versión modificada (casi todo mundo ha podido observar como han ido cambiando radios, tostadores, relojes, automóviles y lavadoras, por ejemplo). El mercado para un producto y sus usos previstos deben definirse con claridad con la asistencia de personal de ventas, analistas de mercado y otros integrantes de la organización. El diseño del producto es una actividad crítica: se estima que en esa etapa se determina entre el 70 y el 80 por ciento del costo de desarrollo y manufactura.

Tradicionalmente, las actividades de diseño y manufactura se han realizado de manera secuencial en vez de concurrente o simultáneamente (figura 10.1a). En el flujo secuencial, los ingenieros y diseñadores invierten esfuerzo y tiempo en analizar componentes y preparar dibujos detallados de las partes. Estos dibujos se envían a otros departamentos, como el de materiales, donde se identifican ciertas aleaciones y se busca a los proveedores de las mismas, por ejemplo. Después, las especificaciones son recibidas por el departamento de manufactura, en donde se revisan los dibujos detalladamente y se seleccionan los procesos adecuados para una producción eficiente. Aunque este enfoque parece lógico y directo, implica un gasto excesivo de recursos.

En teoría, un producto puede fluir de un departamento a otro dentro de una organización y de ahí al mercado, pero en la práctica es frecuente que surjan dificultades. Por ejemplo, un ingeniero de manufactura podría requerir que la pestaña de una parte fuera más delgada con el fin de aumentar su moldeabilidad o, incluso, podría recomendar una aleación distinta; esto implicaría regresar a la etapa de análisis del diseño para asegurar que el producto pueda funcionar de manera satisfactoria incluso con esos cambios. Estas iteraciones, también mostradas en la figura 10.1a, implican un gran gasto de recursos y, lo que es más importante, de tiempo.

Existe un gran interés, alentado originalmente por la industria electrónica, por introducir productos en el mercado tan rápido como sea posible. La lógica consiste en



■ **FIGURA 10.1** ■ Tradicionalmente, las actividades de diseño y manufactura se han realizado de manera secuencial y no concurrente. Con CAM, los procesos de diseño y manufactura pueden llevarse a cabo en forma simultánea.

que los productos que se lanzan primero obtienen una porción de mercado más grande y, consecuentemente, mayores utilidades; además, se vuelven obsoletos en un periodo más largo, lo cual es una preocupación de particular relevancia en la industria electrónica. Por esta razón ha emergido la ingeniería concurrente, también llamada ingeniería simultánea.

La figura 10.1b muestra un enfoque más moderno para el desarrollo de productos. Aunque el flujo general del análisis de mercado al diseño y a la fabricación, se reconocen ciertas iteraciones entre procesos y manufactura. La principal diferencia del enfoque más moderno es que todas las disciplinas están involucradas en las primeras etapas del diseño, de manera que las iteraciones que ocurren de manera natural implican un esfuerzo y menor desperdicio de tiempo. Una clave del enfoque es la ahora bien reconocida importancia de la comunicación entre las disciplinas y al interior de ellas; es decir, debe haber comunicación entre ingeniería, mercadotecnia y las instancias de servicio, así como avenidas de interacción entre las subdisciplinas de ingeniería (por ejemplo, entre diseño para la manufactura, diseño para el reciclaje y diseño para la seguridad).

El proceso de diseño comienza con el desarrollo del concepto de un producto original; para que éste sea exitoso en el mercado, es deseable (e incluso esencial) un enfoque innovador. Los enfoques innovadores también pueden producir ahorros importantes en material y costos de producción. El ingeniero de diseño o diseñador del producto debe tener conocimiento de las relaciones entre los materiales, el diseño y la manufactura, así como de los aspectos económicos globales de la operación.

La *ingeniería concurrente* es un enfoque sistemático que integra el diseño y la manufactura, con la intención de optimizar todos los elementos involucrados en el ciclo de vida del producto. El término *ciclo de vida* implica que todos los aspectos involucrados (diseño, desarrollo, producción, distribución, uso, disposición final y reciclaje) se consideran de manera simultánea. Las metas fundamentales de la ingeniería concurrente son minimizar los cambios en el diseño y la ingeniería del producto, y reducir al mínimo de tiempo y los costos involucrados en el tránsito del mismo desde el concepto de diseño hasta la producción e introducción en el mercado.

La filosofía de la *ingeniería del ciclo de vida* requiere que se considere toda la vida de un producto en la etapa de diseño: un producto bien diseñado es funcional (etapa de diseño), está bien fabricado (producción), se empaca de manera que llegue con seguridad al usuario final o cliente (distribución), funciona efectivamente durante su vida útil y tiene componentes que se pueden remplazar con facilidad para darles oportunamente su mantenimiento (uso), y puede desensamblarse de forma que sus componentes puedan reciclarse (disposición).

Aunque el concepto de ingeniería concurrente parece ser lógico y eficiente, su implantación puede requerir tiempo y esfuerzo considerables cuando quienes lo usan no trabajan en equipo o no aprecian sus beneficios reales. Es evidente que para tener éxito, la ingeniería concurrente debe:

a. Tener el apoyo total de la alta administración.
b. Tener un equipo de trabajo multifuncional e interactivo, que incluya grupos de apoyo, y
c. Utilizar todas las tecnologías disponibles.

Existen muchos ejemplos de los beneficios de la ingeniería concurrente. Por ejemplo, una compañía de automóviles ha reducido el número de componentes de un motor en un 30 por ciento y, como resultado, ha reducido su peso en 25 por ciento y su tiempo de manufactura en 50 por ciento. El concepto de ingeniería concurrente puede implantarse no sólo en grandes organizaciones sino también en compañías más pequeñas. Esto es particularmente valioso si se considera que el 98 por ciento de los establecimientos manufactureros en Estados Unidos tiene menos de 500 empleados.

Tanto en las compañías grandes como en las pequeñas, el diseño del producto involucra frecuentemente la preparación de modelos analíticos y físicos que ayudan al estudio de factores como fuerzas, tensiones e inflexiones para la conformación óptima de los materiales. La necesidad de dichos modelos depende de la complejidad del producto. En la actualidad, la construcción y el estudio de modelos analíticos se simplifica mediante el uso de las técnicas de diseño, ingeniería y manufactura asistidos por computadora (CAD, CAM y CAE).

10.3 ■ DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA Y DESARROLLO DE PRODUCTO

El *diseño asistido por computadora* (CAD) permite al diseñador conceptuar los objetos con más facilidad y sin necesidad de hacer ilustraciones, modelos o prototipos costosos. Actualmente, estos sistemas son capaces de analizar rápidamente diseños completos, desde una simple ménsula hasta grandes estructuras complejas y su simulación. Por ejemplo, el avión de dos turbinas para pasajeros Boeing 777 se diseñó por completo en computadora (sin papel) (figura 10.2), y se construyó directamente a partir de software de CAD/CAM desarrollado. A diferencia de los modelos previos, no se elaboraron prototipos o maquetas.

10.4 ■ LA INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA PERMITE MODIFICACIONES FUTURAS

En la actualidad, mediante el uso de *ingeniería asistida por computadora* es posible simular, analizar y probar con más eficiencia, precisión y rapidez, el desempeño de las estruc-

■ **FIGURA 10.2** ■ Boeing 777 en vuelo. *Cortesía de Boeing Co.*



turas sujetas a la estática o a cargas dinámicas y temperaturas diversas. La información obtenida puede almacenarse, recuperarse, desplegarse, imprimirse y transferirse a cualquier parte de la organización. El diseño puede optimizarse y modificarse fácil y directamente en cualquier momento.

10.5 ■ LA INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA VINCULA TODAS LAS FASES DE LA MANUFACTURA

La *manufactura asistida por computadora* (CAM) abarca todas las fases de la producción gracias a la utilización y proceso del gran volumen de información sobre materiales y procesos que se almacena en la base de datos de la organización. En la actualidad, las computadoras ayudan a los ingenieros de manufactura y otros integrantes de la organización en tareas como la programación de máquinas de control numérico, la programación de robots para el manejo y ensamble de materiales; el diseño de herramientas, troqueles y aparatos, y el aseguramiento de la calidad.

Con base en los modelos desarrollados y el uso de las técnicas mencionadas, el diseñador selecciona y especifica la forma final y las dimensiones del producto, la exactitud de sus dimensiones, el terminado de la superficie y los materiales a utilizar. A menudo, la selección de los materiales se realiza mediante la autorización de los ingenieros de materiales, a menos que el ingeniero de diseño también tenga experiencia en esta área. Una consideración importante de diseño es decidir cómo se ensamblará un componente particular en el producto final. Levante el cofre de su automóvil y observe la forma en que varios de sus componentes del motor se encuentran armados en un espacio limitado.

10.6 ■ EL PAPEL DE LOS PROTOTIPOS Y LA CREACIÓN RÁPIDA DE PROTOTIPOS EN EL DESARROLLO DE UN PRODUCTO

El siguiente paso en el proceso de producción es construir y probar un *prototipo*, es decir, un modelo original del producto en funcionamiento. Un desarrollo importante es la *creación rápida de prototipos*, la cual se basa en CAD-/CAM, ciertas técnicas de manufactura y el empleo de materiales metálicos y no metálicos para producir con rapidez un modelo físico sólido a un costo bajo (figura 10.3). Por ejemplo, la creación de prototipos de nuevos componentes automotrices mediante los métodos tradicionales de formar, integrar, maquinar, etcétera, cuesta cientos de millones de dólares al año, y algunos de ellos pueden requerir de un año completo para ser producidos. La creación rápida de prototipos puede reducir significativamente estos costos así como los tiempos de desarrollo. Estas



■ **FIGURA 10.3** ■ Este creador rápido de prototipos Prodigy Plus de Stratasys, Inc. permite a los ingenieros “imprimir” sus modelos tridimensionales en CAD mediante el uso de plástico durable ABS. *Cortesía de Stratasys, Inc.*

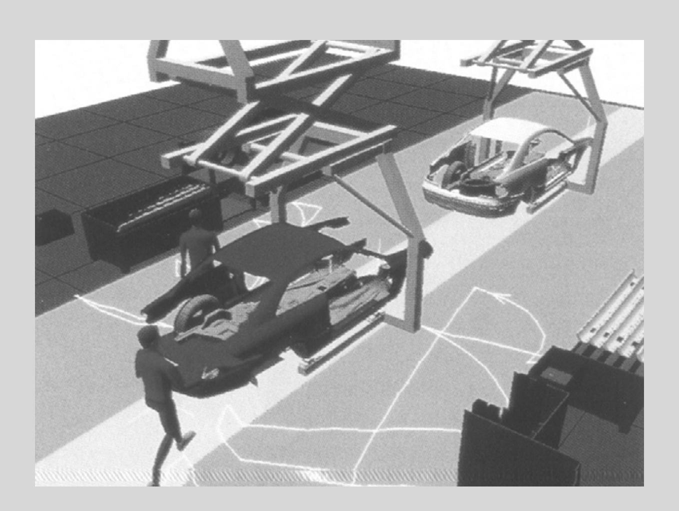
Nota sobre Gráficos

Fábrica digital: planeación rápida de la producción

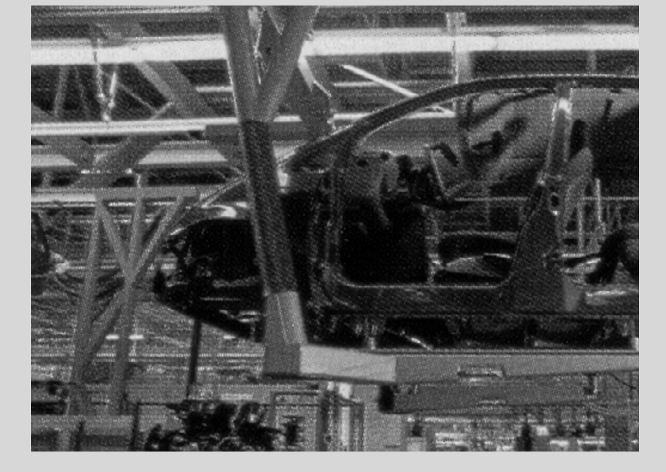
El departamento de planeación de la producción (PP) de automóviles para pasajeros en Mercedes-Benz intenta reducir sus tiempos de planeación hasta en un 50 por ciento para poder reaccionar con una rapidez aun mayor a los cambios en las preferencias del cliente. Los métodos de planeación convencionales no resultan útiles para lograr esta meta; por ello, Emmerich Schiller, el gerente de proyecto de Fábricas Digitales en PP, ha presentado un enfoque nuevo. En éste, los pasos del proceso de planeación de la producción se integran de manera digital en una red y se vinculan con los departamentos de desarrollo y compras, las plantas de producción y las unidades de venta en la forma de flujos de trabajo. La planeación digital permite comparar con rapidez las diferentes soluciones, lo que representa el mejor método para optimizar el tiempo utilizado en la determinación de los componentes a instalar.

Lo anterior permite a los ingenieros de desarrollo enviar los datos digitales de la geometría de un nuevo vehículo a los planeadores de la producción, lo cual posibilita el arranque de un proceso digital y la producción de información más rápidamente durante la fase de planeación. Después, los expertos abordan cuestiones como la manera en que una parte, que sólo existe como un diagrama de CAD, puede ajustarse mejor al ensamble general. Aquí, una de las metas clave es acortar el tiempo de desarrollo de un modelo de automóvil de pasajeros a menos de tres años, a partir del dibujo de las especificaciones y hasta el inicio de la producción en serie. Para lograr esta meta, la planeación de la producción de Mercedes-Benz ha establecido el siguiente objetivo para el año 2005. Schiller dice que no se planeará, construirá u operará ninguna planta de producción hasta que no se tenga una base digital sólida.

Cortesía de DaimlerChrysler AG.



(A)



(B)

técnicas se han desarrollado al grado que pueden aplicarse a la producción económica y de bajo volumen de partes reales.

Las pruebas a los prototipos deben diseñarse de forma que las condiciones bajo las que se usará el producto se simulen con tanta precisión como sea posible. Esto incluye la resistencia a esfuerzos, condiciones ambientales como la temperatura y la humedad, así como los efectos de la vibración y el uso repetido o el mal uso de un producto. En la actualidad, las técnicas de ingeniería asistida por computadora permiten realizar dichas simulaciones extensiva y rápidamente. Durante esta etapa, pueden necesitarse modificaciones en el diseño original, los materiales escogidos o los métodos de producción; a su

conclusión, se seleccionan los planes de proceso, los métodos de manufactura (tabla 10.1), el equipamiento y las herramientas adecuadas con la cooperación de los ingenieros de manufactura, planeadores del proceso y otros involucrados en la producción.

10.7 ▪ DISEÑO PARA LA MANUFACTURA, EL ENSAMBLE, EL DESENSAMBLE Y EL SERVICIO

Como se ha visto, el diseño y la manufactura deben estar íntimamente relacionados; nunca deben verse como disciplinas o actividades separadas. Cada parte o componente de un producto debe diseñarse de forma que no sólo satisfaga los requerimientos y especificaciones de diseño, sino que también pueda manufacturarse de manera económica, rápida y eficiente. Este enfoque mejora la productividad y permite que el fabricante se mantenga competitivo.

Esta visión amplia constituye el campo de *diseño para la manufactura* (DPM). Es un enfoque incluyente para la producción de bienes que integra el proceso de diseño con los materiales, los métodos de manufactura, el proceso de planeación, el ensamble, las pruebas y el aseguramiento de la calidad. La implantación efectiva del diseño para la manufactura requiere que los involucrados tengan una comprensión fundamental de las características, las capacidades y las limitaciones de los materiales; los procesos de manufactura y las operaciones relacionadas; la maquinaria y el equipamiento. Este conocimiento incluye características como la variabilidad en el desempeño de la máquina, la exactitud de las dimensiones y el terminado de la superficie de la pieza de trabajo, así como el tiempo de procesamiento y el efecto del método de procesamiento en la calidad de la parte.

Los diseñadores y los ingenieros de producto deben ser capaces de evaluar el impacto de las modificaciones de diseño en la selección del proceso de manufactura, el ensamble, la inspección, las herramientas y troqueles, así como el costo del producto. Es muy importante establecer relaciones cuantitativas que permitan optimizar el diseño en términos de facilidad de manufactura y ensamble a un costo mínimo (también llamada productividad). El diseño, la ingeniería, el proceso y la manufactura asistidos por

TABLA 10.1 ■ Formas de elementos y algunos métodos comunes de producción.

Forma del elemento	Método de producción
Superficies planas	Rodamiento, aplanado, mandrilado, fresado, formación, escariado
Partes con hendiduras	Fresado final, maquinado con descarga eléctrica, maquinado electroquímico, maquinado ultrasónico, fundición
Partes con elementos afilados	Fundición de molde permanente, maquinado, escariado, fabricación, metalurgia con polvos.
Formas huecas angostas	Fundición en barro, electroformado, fabricación
Formas tubulares	Extrusión, dibujo, formación con rodamiento, revolución, fundición centrífuga
Partes tubulares	Formación con hule, expansión con presión hidráulica, formación explosiva, revolución
Curvaturas en láminas delgadas	Formación por estiramiento, formación por martillado, fabricación, ensamble
Aberturas en láminas delgadas	Blanqueado, blanqueado químico, blanqueado fotoquímico
Secciones cruzadas	Dibujo, extrusión, rasurado, girado, escariado sin centro
Bordes cuadrados	Maquinado con blanqueado fino, escariado en cinturón
Orificios pequeños	Láser, maquinado con descarga eléctrica, maquinado electroquímico
Texturas de superficie	Moleteado, pintura sobre alambre, escariado, escariado en cinturón, estallado, aguafuerte, deposición
Elemento de superficie detallada	Acuñado, fundición inversa, fundición con molde permanente, maquinado
Partes roscadas	Corte de rosca, rodamiento de rosca, escariado de rosca, fileteado
Partes muy grandes	Fundición, forjado, fabricación, ensamble
Partes muy pequeñas	Fundición inversa, maquinado, aguafuerte, metalurgia con polvos, nanofabricación, micromaquinado

computadora, y las técnicas de planeación, mediante el uso de programas de computadora se han vuelto indispensables para quienes llevan a cabo análisis de este tipo. Los nuevos desarrollos incluyen sistemas innovadores, los cuales tienen capacidades de optimización, con lo que se acelera el proceso iterativo en la optimización del diseño.

Después de manufacturar las partes individuales, éstas deben ensamblarse en un producto. El ensamblaje es una fase importante de la operación global de manufactura y requiere considerar la facilidad, la velocidad y el costo de unir todas las partes. Además, muchos productos deben diseñarse de manera que sea posible desensamblarlos para darles mantenimiento y servicio o reciclar sus componentes. Como las operaciones de ensamblaje pueden contribuir de manera significativa al costo del producto, en la actualidad el *diseño para el ensamblaje* (DPE) y el diseño para el desensamble se consideran dos aspectos importantes de la manufactura. En términos generales, un producto fácil de ensamblar también es fácil de desensamblar. La tendencia más reciente incluye el diseño para el servicio, lo que asegura que las partes individuales o subensambles de un producto sean fáciles de recuperar y mantener.

Se han desarrollado nuevas metodologías y software de computadora (CAD) para el DPE mediante el uso de diseños conceptuales tridimensionales y modelos sólidos. De esta forma se minimizan los tiempos y costos de subensamble y ensamble al mismo tiempo que se mantiene la integridad y el desempeño del producto, y se facilita su desensamble. Ahora, la tendencia consiste en combinar el diseño para la manufactura y el diseño para el ensamblaje en el *diseño para la manufactura y el ensamblaje* (DPME) que resulta más extenso y reconoce las relaciones entre el diseño y la manufactura.

Existen varios métodos de ensamblaje, como el uso de pernos, remaches, tornillos, a presión mediante adhesivos, y los diferentes tipos de soldadura; cada uno de ellos tiene sus propias características y requiere operaciones diferentes. Por ejemplo, el uso de un perno y una tuerca requiere la preparación de orificios que deben ajustarse en ubicación y tamaño. La generación de orificios requiere operaciones como el taladrado y la perforación, las cuales implican un tiempo adicional, requieren operaciones separadas y producen material de desperdicio. Por otro lado, los productos ensamblados con pernos y tuercas pueden separarse y reensamblarse con relativa facilidad.

Las partes también pueden ensamblarse con adhesivos. Este método, que se utiliza de manera extensa en la producción de aviones y automóviles, no requiere orificios; sin embargo, las superficies deben ajustar en forma adecuada y estar limpias porque la fuerza de la unión se ve adversamente afectada por la presencia de la contaminación ambiental como suciedad, polvo, aceite, y humedad. A menos que se sujeten de manera mecánica, los componentes unidos con adhesivos, así como los soldados, no están diseñados para separarse y reensamblarse, por lo que no resulta factible el importante propósito del reciclaje de las partes individuales.

Las partes pueden ensamblarse a mano o por medio de equipo automático y robotizado. La elección depende de factores como la complejidad del producto, el número de partes, la protección requerida para evitar el daño o raspado de superficies terminadas y los costos relacionados con la mano de obra y la maquinaria requeridas para el ensamblaje automatizado.

10.8 ■ SELECCIÓN DE MATERIAL

En la actualidad, existe una variedad siempre creciente de materiales con características, ventajas y limitaciones particulares. A continuación se presentan los tipos generales de materiales utilizados en la manufactura actual, ya sea de manera individual o en alguna combinación:

- Metales ferrosos: carbón, aleación, inoxidable y herramientas y troqueles de acero.
- Metales no ferrosos: aluminio, magnesio, cobre, titanio, superaleaciones, metales refractarios, berilio, zirconio, aleaciones de baja fundición y metales preciosos.
- Plásticos: termoplásticos, termoconjuntos y elastómeros.
- Cerámicas, cerámicas de cristal, grafito, diamante y materiales tipo diamante.
- Materiales compuestos: plásticos reforzados, compuestos metal-matriz y cerámica-matriz. Éstos se conocen también como materiales de ingeniería.
- *Nanomateriales*: aleaciones con memoria de forma, aleaciones amorfas, superconductores y varios otros materiales con propiedades únicas.

Conforme se desarrollan nuevos materiales, la selección de materias primas se vuelve cada vez más desafiante. Las estructuras aeroespaciales, así como los productos deportivos, han tomado la delantera en el uso de nuevos materiales. La tendencia ha ido en el sentido de usar más titanio y compuestos para las estructuras de los aviones comerciales, con una declinación gradual del uso del aluminio y el acero. Constantemente existen tendencias cambiantes en el uso de materiales en todos los productos, debido principalmente a consideraciones de tipo económico.

10.9 ■ PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Cuando se seleccionan materiales para los productos, primero deben considerarse sus propiedades mecánicas: resistencia a esfuerzos, tenacidad, ductilidad, dureza, elasticidad, fatiga y deslizamiento. También son importantes las tasas de resistencia y rigidez respecto al peso en los materiales, en particular para aplicaciones aeroespaciales

y de la industria automotriz. Por ejemplo, el aluminio, el titanio y los plásticos reforzados tienen tasas más altas que el acero y los hierros fundidos. Por supuesto, las propiedades mecánicas especificadas para un producto y sus componentes deben ser para las condiciones bajo las cuales se espera que funcione un producto dado. Después se consideran las propiedades físicas de densidad, calor específico, expansión térmica y conductividad, punto de fusión y propiedades eléctricas y magnéticas.

Las propiedades químicas también juegan un papel significativo tanto en los ambientes hostiles como en los normales. Entre los factores importantes a considerar están la oxidación, la corrosión, las propiedades generales de degradación, la toxicidad y la inflamabilidad de los materiales. Por ejemplo, en algunos desastres aéreos, muchas de las muertes han sido provocadas por humos tóxicos surgidos por la ignición de materiales no metálicos en la cabina del avión.

Las propiedades de manufactura de los materiales determinan si éstos se pueden fundir, formar, maquinar, soldar o tratar al calor con facilidad relativa (tabla 10.2). El método o los métodos utilizados para procesar materiales pueden afectar de manera adversa las propiedades, la vida útil y el costo del producto final.

10.10 ■ COSTO Y DISPONIBILIDAD DE MATERIALES

El costo y la disponibilidad de las materias primas, los materiales procesados y los componentes manufacturados son preocupaciones importantes en manufactura. En el sentido competitivo, los aspectos de la selección de materiales son tan importantes como las consideraciones tecnológicas de las propiedades y características de los materiales.

Si los materiales procesados o componentes manufacturados no están disponibles en las formas, las dimensiones y las cantidades deseadas, se requerirán sustitutos o un procesamiento adicional, lo cual puede contribuir de manera significativa al costo del producto. Por ejemplo, si se requiere una barra redonda de cierto diámetro que no está disponible en forma estándar, se tendría que comprar una más grande y reducir su diámetro por algún medio como el maquinado, tratamiento con tarraja o escariado. Sin embargo, debe mencionarse que un diseño de producto puede modificarse para obtener ventaja de las dimensiones estándar de las materias primas, con lo que se evitan costos adicionales de manufactura.

La confiabilidad del suministro, al igual que la demanda, afecta al costo. La mayoría de los países importan numerosas materias primas que son esenciales para la producción. Por ejemplo, Estados Unidos importa la mayoría de las materias primas como hule natural, diamante, cobalto, titanio, cromo, aluminio y níquel. Las amplias implicaciones políticas de esta dependencia entre los países son evidentes.

Los diferentes métodos utilizados para el procesamiento de materiales implican costos distintos. Algunos métodos requieren manufactura avanzada, otros necesitan mano de obra especilizada; algunos requieren personal con aptitudes específicas, un alto nivel de educación o capacitación especializada.

TABLA 10.2 ■ Características generales de manufactura para diferentes aleaciones.

Aleación	Fusionabilidad	Soldabilidad	Maquinado
Aluminio	E	E	B-E
Cobre	N-B	N	N-B
Hierro fundido gris	E	D	B
Hierro fundido bco.	B	MP	MP
Níquel	N	N	N
Aceros	N	E	N
Zinc	E	D	E

E, excelente; B, buena; N, normal; D, difícil; MP, muy pobre.

10.11 ■ APARIENCIA, VIDA ÚTIL Y RECICLAJE

La apariencia de los materiales después de que éstos se han manufacturado como productos determinan en parte el atractivo que ejercerán sobre el consumidor. El color, el tacto y la textura de la superficie son características que todos consideramos al tomar la decisión de comprar un producto.

Los fenómenos dependientes del tiempo y del servicio como el desgaste, la fatiga, la fractura y la estabilidad dimensional son importantes. Estos fenómenos pueden afectar de manera significativa el desempeño de un producto y, si no se controlan, pueden conducir a la falla total. En forma similar, la compatibilidad de los materiales usados también es importante. La fricción y el desgaste, la corrosión y otros fenómenos pueden acortar la vida de un producto o provocar que éste falle prematuramente. Un ejemplo es la corrosión galvánica entre partes ajustables fabricadas con materiales disímiles.

El reciclaje y la disposición adecuada de los materiales al final de su vida útil se ha vuelto cada vez más importante en una era en la que la humanidad tiene mayor conciencia de la preservación de los recursos y la conservación de un ambiente limpio y saludable. Por ejemplo, muchas cubiertas de cocinas integrales modernas, como la de la figura 10.4, están hechas de compuestos, por ejemplo, emplean 99.6 por ciento de vidrio reciclado, cenizas finas —un residuo de la combustión del carbón— y envases biodegradables o botellas de vidrio y latas de aluminio reciclables. Otra consideración crucial es el tratamiento adecuado y la disposición de desperdicios y materiales tóxicos.

■ **FIGURA 10.4** ■ Muchas cubiertas para cocinas integrales modernas se producen con base en desperdicios industriales o desechos del consumidor. *Cortesía de Thinkstock/Getty Images.*

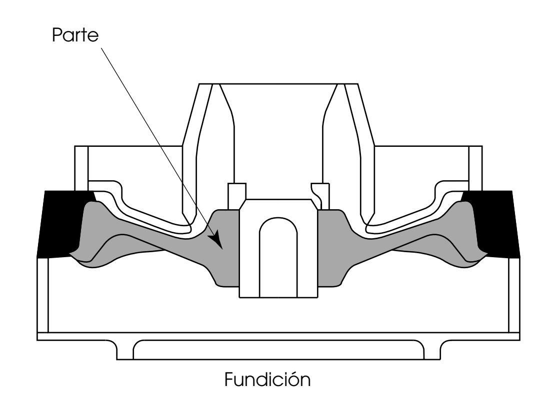


10.12 ■ PROCESOS DE MANUFACTURA

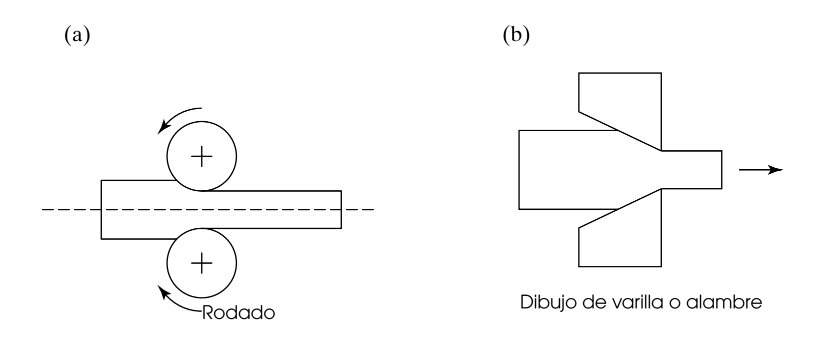
Antes de preparar un dibujo para la producción de una parte, el dibujante/diseñador debe considerar cuáles procesos de manufactura se usarán, pues éstos determinarán la representación detallada de los elementos, la elección de las dimensiones y el maquinado para la precisión del procesamiento. Se utilizan muchos procesos para producir partes y formas (tabla 10.1) y por lo general existe más de un método para manufacturar una parte a partir de un material dado. Las grandes categorías de los métodos de procesamiento para los materiales son:

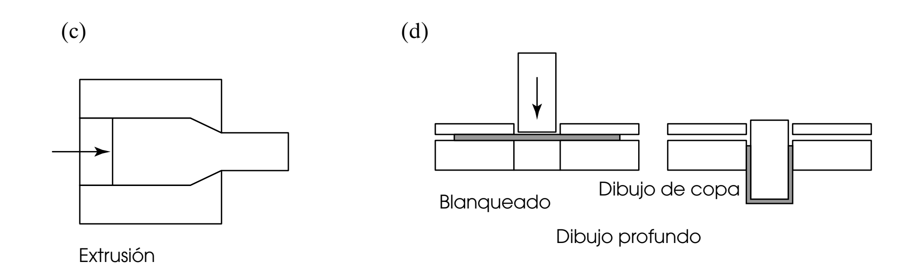
a. *Fundición.* Moldes expandibles (es decir, fundición con arena) y moldes permanentes (figura 10.5).

b. *Encofrado y formado.* El rodado, el forjado, la extrusión, el dibujo, la formación de láminas, la metalurgia con polvos y el moldeado (figuras 10.6a-d).



■ **FIGURA 10.5** ■ Este molde de fundición es un ejemplo de molde permanente.





■ **FIGURA 10.6** ■ Ejemplos de métodos de encofrado y formado.

c. *Maquinado.* Torneado, perforación, taladrado, fresado, aplanado, formado, mandrilado, escariado, maquinado ultrasónico; maquinado químico, eléctrico y electromecánico; y maquinado con haz de alta energía (figura 10.7a-g).

d. *Unión.* Soldadura, difusión, amarre, ensamble con adhesivo y unión mecánica (figura 10.8a-b).

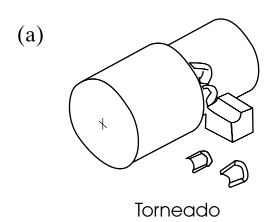
e. *Terminado.* Rectificación, pulimentado, pulido, bruñido, retiro de rebabas, tratamiento de superficies, esmerilado y planchado.

La selección de un proceso o una serie de procesos de manufactura depende no sólo de la forma que debe producirse sino también de muchos otros factores relacionados con las propiedades del material (tabla 10.2). Por ejemplo, los materiales frágiles y duros no pueden formarse con facilidad, pero pueden fundirse o maquinarse por medio de varios métodos. Por lo general, el proceso de manufactura altera las propiedades de los materiales. Los metales formados a temperatura ambiente se vuelven más fuertes, más duros y menos dúctiles que antes del procesamiento.

La figura 10.9 muestra dos ménsulas montantes de acero, una hecha por fundición y otra por estampado en lámina metálica. Observe que existen algunas diferencias en los diseños, aunque las partes son esencialmente las mismas. Cada uno de estos dos procesos de manufactura tiene sus propias ventajas y limitaciones, así como tasas de producción y costos de manufactura particulares.

Los ingenieros de manufactura enfrentan de manera constante el reto de encontrar nuevas soluciones a los problemas de manufactura y los costos. Por ejemplo, durante mucho tiempo, las partes de lámina metálica se cortaban y fabricaban con herramientas tradicionales, sacabocados y tarrajas. Aunque todavía se usan ampliamente, algunas de estas operaciones ahora se están remplazando por técnicas de corte con láser (figura 10.10). Con los avances en la tecnología computacional, es posible controlar de manera automática la trayectoria del láser, con esto se incrementa la capacidad de producir una amplia variedad de formas en forma precisa, repetida y económica.

(a)



Torneado

(b) (c) (d)

Taladrado

Fresado

(e) (f) (g)

Alambre

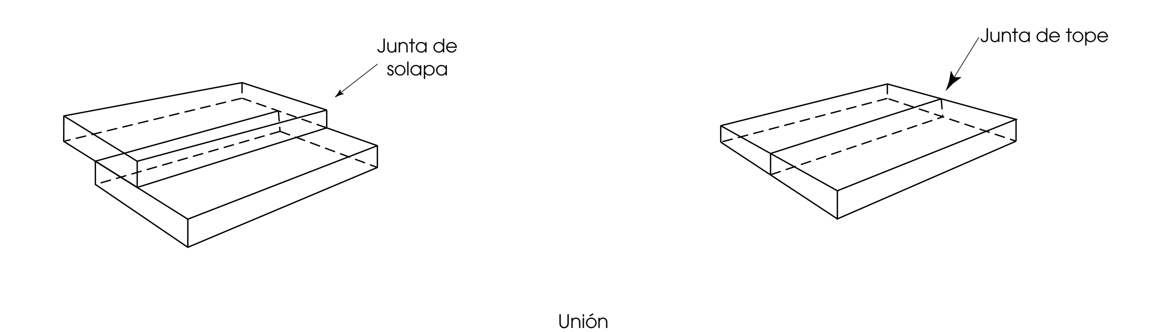
Suministro dieléctrico

Taladrado

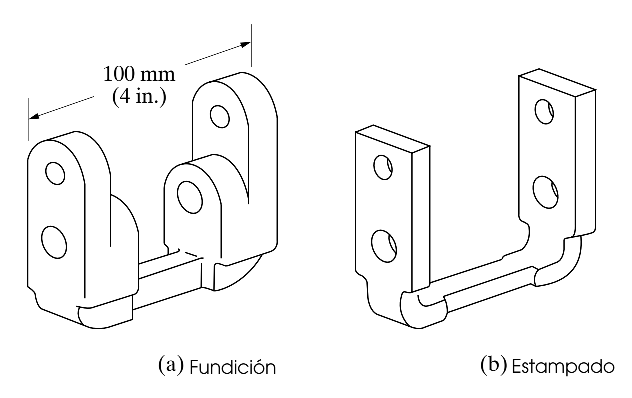
Esmerilado

Maquinado con descarga eléctrica

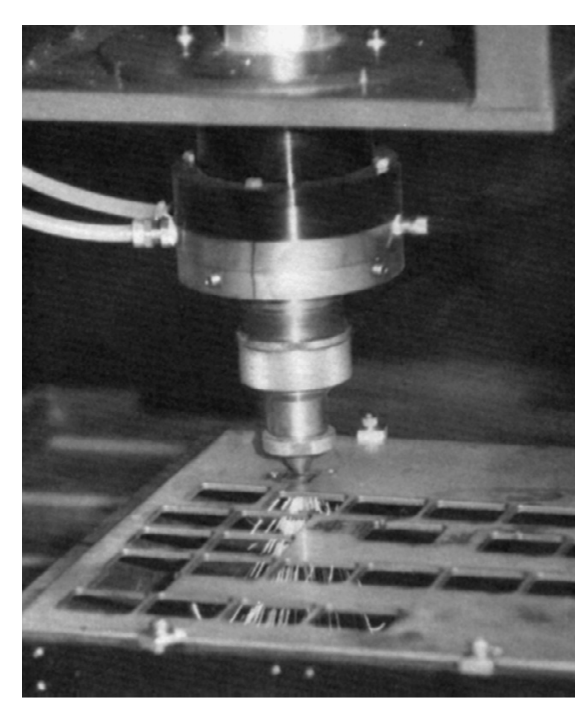
■ **FIGURA 10.7** ■ Ejemplos de diferentes tipos de maquinado.



■ **FIGURA 10.8** ■ Ejemplos de métodos de unión.



■ **FIGURA 10.9** ■ Dos ménsulas montantes fabricadas (a) por fundición y (b) por estampado.



■ **FIGURA 10.10** ■ Corte de hoja de metal con rayo láser.
Cortesía de Rofin-Sinar, Inc., y Manufacturing Engineering Magazine, Society of Manufacturing Engineers.

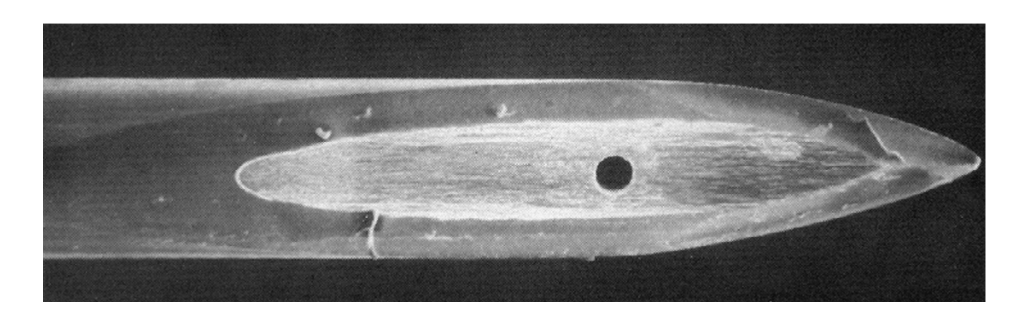
10.13 ■ PRECISIÓN DE DIMENSIONES Y TERMINADO DE SUPERFICIE

El tamaño, el grosor y la complejidad de la forma de una parte tienen una relación importante con el proceso de manufactura seleccionado para producirla. Por ejemplo, las partes planas con secciones cruzadas delgadas no se pueden fundir de manera adecuada. Las partes complejas no pueden formarse fácil y económicamente, pero pueden fundirse o fabricarse a partir de piezas individuales.

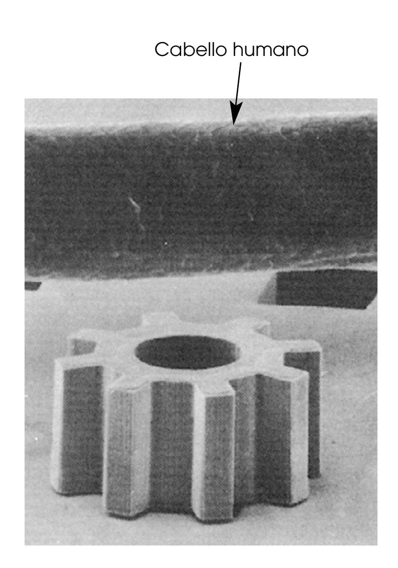
Las tolerancias y el terminado de superficie obtenidos en las operaciones en caliente no pueden ser tan buenos como los obtenidos con operaciones en frío (temperatura ambiente) porque durante el procesado mediante tratamientos térmicos ocurren cambios dimensionales, agrietamientos y oxidación de la superficie. Algunos procesos de fundición producen una mejor superficie que otros debido a los distintos tipos de materiales de molde utilizados y a sus diferentes terminados de superficie.

El tamaño y la forma de los productos manufacturados varían ampliamente. Por ejemplo, el tren de aterrizaje principal de un avión de dos turbinas Boeing 777 de línea tiene una altura de 4.3 m (14 pies), con tres árboles y seis ruedas, y se fabricó por medio de forjado y procesos de maquinado (figura 10.2). En el otro extremo está la generación de un orificio de 0.05 mm (0.002 pulg) de diámetro en el extremo de una aguja de 0.35 (0.014 pulg) de diámetro (figura 10.11), para la que se usa un proceso llamado maquinado por descarga eléctrica. El orificio está libre de rebabas y tiene una precisión en su ubicación de $\pm$0.003 mm (0.0001 pulg).

La figura 10.12 muestra otro ejemplo de manufactura a pequeña escala: engranes microscópicos de 100 μm. (0.004 pulg) de diámetro. Las posibles aplicaciones de estos engranes son los *microrrobots* para reparar células humanas, *microbisturíes* en cirugía y disparadores de cámara



■ **FIGURA 10.11** ■ Un orificio de 0.05 mm producido en una aguja por medio del proceso de maquinado por descarga eléctrica.
Cortesía de Derata Corporation.



■ **FIGURA 10.12** ■ Engrane microscópico con un diámetro del orden de 100 μm. Fabricado por medio de un proceso especial de nanofabricación. *Cortesía de Wisconsin Center for Applied Microelectronics, Universidad de Wisconsin-Madison.*

para la fotografía precisa. Los engranes fueron fabricados por medio de un electroplanchado especial y la técnica con rayos X para placas de metal cubiertas con una película de polímero. El orificio central en estos engranes es tan pequeño que un cabello humano no podría pasar a través de él Las operaciones a una escala tan pequeña se llaman *nanotecnología* y *nanofabricación* (donde "nano" significa una milmillonésima parte).

En la actualidad se desarrollan *técnicas y maquinaria de manufactura ultraprecisas* y su uso se está volviendo más común. Por ejemplo, para el maquinado de superficies tipo espejo, la herramienta de corte es una punta de diamante muy precisa, el equipo tiene una dureza muy alta y debe operarse en un cuarto donde la temperatura esté controlada a 1 °C. Se han implementado técnicas altamente sofisticadas como la epitaxis de rayos moleculares y la ingeniería de escaneado en túnel para obtener precisiones del orden del enrejado atómico (0.1 nm; 10^{-8} pulg).

10.14 ■ DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN EN LA MANUFACTURA

Aunque el maquinista usa varios dispositivos de medición de acuerdo con el tipo de dimensiones (fraccionarias, decimales o métricas) que se muestren en el dibujo, resulta evidente que el dimensionamiento correcto requiere que el ingeniero diseñador tenga, por lo menos, un conocimiento práctico de las herramientas de medición comunes. La *regla de acero del maquinista* es una herramienta de medición que se utiliza comúnmente en los talleres (figura 10.13a). La división más pequeña de una escala de esta regla es 0, y dicha escala se usa para dimensiones fraccionarias comunes. Otras reglas para maquinista tienen una escala decimal con la división más pequeña de 0.010, las cuales se usan para dimensiones dadas en el dibujo en el sistema decimal. Para verificar el tamaño nominal de los diámetros exteriores, se usan el *calibrador exterior* y la escala de acero (figuras 10.13b y 10.13c). Asimismo, el *calibrador interior* se usa para verificar las dimensiones nominales (figuras 10.13d y 10.13e). Otro uso para el calibrador exterior (figura 10.13f) es el de verificar la distancia nominal entre los orificios (de centro a centro). La *escuadra* de combinación puede usarse para verificar la altura (figura 10.13g) y para una variedad de otras mediciones. También existen dispositivos de medición con escalas métricas.

Para dimensiones que requieren mediciones más precisas, pueden usarse calibradores como el *vernier* (figuras 10.13h y 10.13j) o el *micrómetro* (figura 10.13k). Existe la práctica común de verificar medidas de 0.025 mm (.0010) con estos instrumentos y, en algunos casos, se utilizan para medir de manera directa hasta 0.0025 mm (.00010).

Muchos de los dispositivos de medición descritos han sido sustituidos con herramientas más nuevas y sofisticadas. Los dispositivos de medición computarizada han ampliado el rango de exactitud que se alcanzaba con anterioridad. La figura 10.14 se presenta un micrómetro y calibrador electrónico digital de ultraprecisión que contiene microprocesadores integrales. Además de la impresora/grabadora de bolsillo que proporciona una impresión de las mediciones, la impresora también calcula y lista los valores medio, mínimo y máximo, así como la desviación estándar.

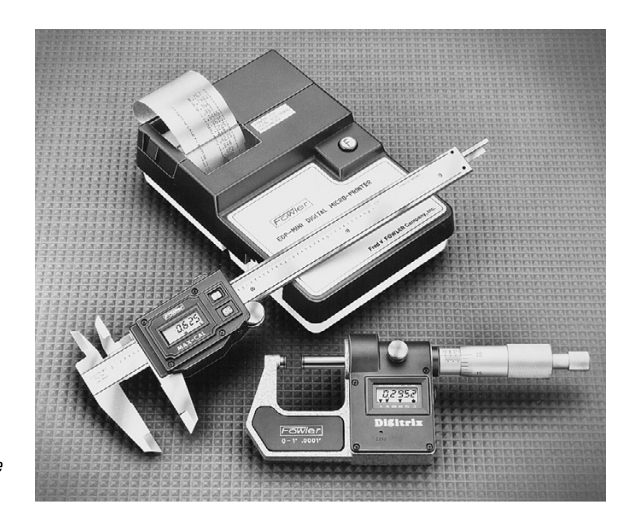
La mayoría de los dispositivos de medición en manufactura son ajustables de tal manera que puedan emplearse para medir cualquier tamaño dentro de su rango de uso designado. También existe una necesidad de dispositivos de medición diseñados para usarse para una sola dimensión particular. Éstas son llamadas *normas fijas* porque su configuración es fija y no puede cambiarse.

Un tipo común de norma fija consiste en dos baleros terminados con cuidado. Cada uno de éstos tiene un diámetro de 25.4 mm (1.000) y 38 mm (1.5000) de largo, aunque uno de ellos puede tener un diámetro mayor. Se puede ver que, para cierto rango de tamaños de orificio, el balero más pequeño entrará en el agujero pero el más grande no. Si el diámetro del balero más grande se hace un poco mayor que el diámetro del orificio más grande aceptable y si el diámetro del balero más pequeño se hace un poco menor que el diámetro del orificio más pequeño aceptable, entonces el balero más grande *nunca entrará* en un orificio aceptable, pero el redondo más pequeño *entrará* en cualquier hoyo aceptable. Una norma fija con dos

■ **FIGURA 10.13** ■ Dispositivos de medición usados por el ingeniero en manufactura.

baleros de este tipo se llama norma "entra-o-no". Por supuesto, existen muchos tipos de normas como ésta.

El tema de las normas es un campo especializado e involucra tantas consideraciones técnicas que muchas grandes compañías emplean trabajadores muy capacitados para atender únicamente este elemento de sus operaciones.



■ **FIGURA 10.14** ■ Sistemas de medición computarizada. *Cortesía de Fred V. Fowler Co, Inc.*

10.15 ■ COSTOS DE OPERACIÓN Y MANUFACTURA

El diseño y el costo de las herramientas, el tiempo requerido para comenzar la producción, y el efecto del trabajo sobre las herramientas y tarrajas son consideraciones importantes. De acuerdo con su tamaño, forma y vida útil esperada, el costo de las herramientas puede ser sustancial. Por ejemplo, un conjunto de troqueles de acero para estampar defensas de automóvil en lámina metálica puede costar alrededor de 2 millones de dólares.

Para las partes hechas con materiales caros, entre menor sea la tasa de desperdicio, más económico será el proceso de producción; por lo tanto, debe realizarse cualquier esfuerzo necesario para llegar a una tasa de *cero desperdicio*. Como el maquinado produce astillas, puede no ser más económico que las operaciones de formación, en caso de que el resto de los factores permanezcan iguales.

La disponibilidad de máquinas y equipamiento, y la experiencia operativa dentro de la instalación de manufactura también son factores de costo importantes. Si no están disponibles, algunas partes pueden ser fabricadas por compañías externas. Por ejemplo, los fabricantes de automóviles compran muchas partes a vendedores externos, o las envían a hacer a otras compañías de acuerdo con sus especificaciones.

El número de partes requerido (cantidad) y la tasa de producción necesaria (piezas por hora) son importantes para determinar el proceso que debe usarse y la economía de la producción. Por ejemplo, las latas para bebida o los transistores son consumidos en números y tasas mucho más altas que los telescopios y los propulsores de barco.

La operación de la maquinaria tiene implicaciones ambientales y de seguridad muy significativas. De acuerdo con el tipo de operación, algunos procesos afectan de manera adversa el ambiente, como el uso de lubricantes derivados del petróleo en el proceso de trabajo sobre el metal en caliente. Si estos procesos no se controlan de manera adecuada pueden causar contaminación del aire, del agua y auditiva. El uso seguro de la maquinaria es otra importante consideración: se requieren precauciones para eliminar riesgos durante el trabajo de la pieza.

10.16 ■ CONSECUENCIAS DE LA SELECCIÓN INADECUADA DE MATERIALES Y PROCESOS

Existen numerosos ejemplos de falla del producto que pueden rastrearse hasta la selección inadecuada del material, el proceso de manufactura o el control inapropiado de las variables del proceso. Se considera que un componente o producto falla cuando:

- Deja de funcionar (rotura de ejes, engranes, pernos, cables o hélices de turbina).
- No funciona adecuadamente o no se desempeña dentro de los límites de especificación requeridos (cojinetes, engranes, herramientas y troqueles desgastados).



Manos a la obra 10.1

Tolerancias

Al considerar algunos ejemplos, es posible adquirir un sentido del concepto de tolerancia. ¿Cuál sería la tolerancia más razonable en los casos mencionados a continuación?

Caso:	La abertura para una ventana en un edificio		
Tolerancia:	±1 pie	±1 pulg	±.125 pulg
Caso:	Un modelo de jabón		
Tolerancia:	±.03 mm	±.3 mm	±3 mm
Caso:	Conexión para una lámpara		
Tolerancia:	±6 pulg	±.6 pulg	±.06 pulg
Caso:	Engrane para una bicicleta		
Tolerancia:	±.5 pulg	±.05 pulg	±.005 pulg
Caso:	Un ajuste para el tubo de una chimenea		
Tolerancia:	±.1 mm	±1 mm	±10 mm
Caso:	La bisagra para la puerta de un automóvil		
Tolerancia:	±2 pulg	±.2 pulg	±.02 pulg
Caso:	El mango de una pala		
Tolerancia:	±30 mm	±3 mm	±.3 mm

- Deja de ser confiable o seguro para su uso posterior (Cable cortado o desgastado en uniones o amarres, grieta en un eje, conexión desgastada en una tarjeta de circuitos impresos o componente plástico deslaminado).

10.17 ■ MANUFACTURA DE LA FORMA NETA

Como no todas las operaciones de manufactura producen partes terminadas, pueden necesitarse operaciones adicionales. Por ejemplo, una parte forjada puede no tener las dimensiones o el terminado de superficie deseados, por lo que sería necesario realizar operaciones adicionales como escariado y maquinado. Asimismo, puede resultar difícil, imposible o económicamente indeseable producir una parte con orificios usando sólo un proceso de manufactura, así que se requieren procesos adicionales como el taladrado. También, los orificios producidos por un proceso de manufactura pueden no tener la redondez, la precisión dimensional o la superficie terminada que se requiere, lo que crea la necesidad de operaciones adicionales como la rectificación.

Las operaciones de terminado pueden contribuir de manera significativa al costo de un producto. En consecuencia, ha habido una tendencia hacia la *manufactura de la forma neta* o *manufactura de casi la forma casi neta*, en las que la parte se fabrica tan apegada como es posible a las dimensiones, las tolerancias, el terminado de superficie y las especificaciones requeridas. Algunos ejemplos de estos métodos de manufactura son el forjado y la fundición de partes en su forma casi neta, el estampado de partes de hoja de metal, el moldeado por inyección de plásticos y los componentes hechos mediante técnicas de metalurgia con polvos.

10.18 ■ MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA

Las metas más importantes de la automatización en las instalaciones de manufactura son integrar diferentes operaciones para mejorar la productividad, incrementar la calidad y la uniformidad del producto, minimizar los tiempos de los ciclos y reducir los costos de mano de obra. La automatización, que inició en la década de 1940, se ha acelerado debido a los rápidos avances en los sistemas de control para máquinas y en la tecnología de las computadoras.

Pocos desarrollos en la historia de la manufactura han tenido un impacto tan significativo como las computadoras. En la actualidad, las computadoras se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, que incluye el control y la optimización de los procesos de manufactura, el manejo de materiales, el ensamblaje, la inspección automatizada y las pruebas a los productos, así como el control de inventarios y numerosas actividades de administración. El uso de las computadoras, que comenzó con los gráficos de computadora y el diseño asistido por computadora, se ha extendido a la *manufactura integrada por computadora* (CIM). La CIM es particularmente efectiva debido a su capacidad para:

- Responder a los cambios rápidos en la demanda del mercado y a las modificaciones del producto.
- Usar de mejor manera los materiales, la maquinaria y el personal, y reducir el inventario.
- Controlar de mejor manera la producción y la administración la operación de manufactura total.
- Producir artículos de alta calidad a bajo costo.

Las aplicaciones más importantes de las computadoras en la manufactura son:

a. El *control numérico computacional (CNC)* es un método para controlar los movimientos de los componentes de una máquina mediante la inserción directa de las instrucciones de código en forma de datos numéricos. El control numérico se implementó por primera vez a principios de la década de 1950, lo que representó un avance importante en la automatización de las máquinas.

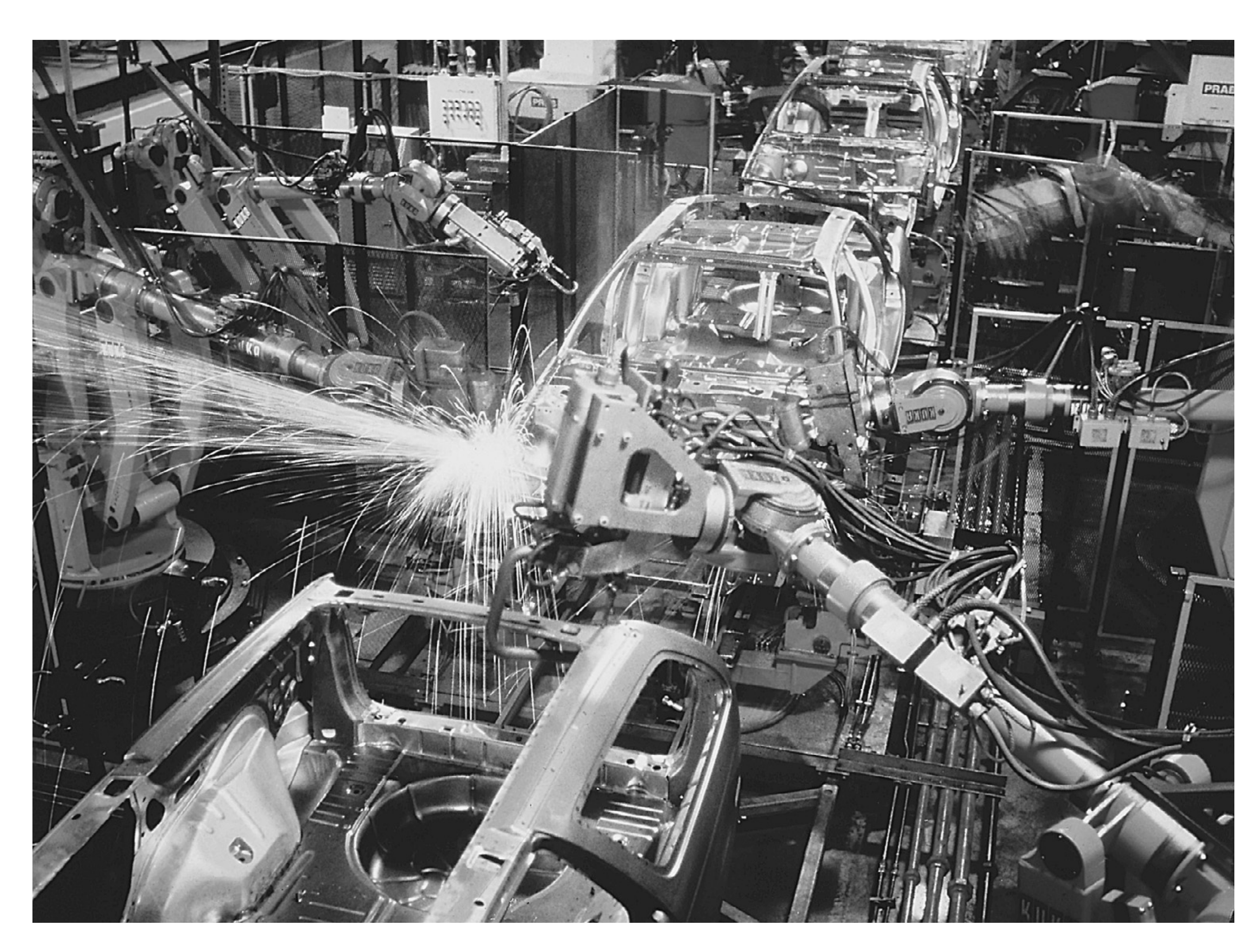
b. *Control adaptativo (AC).* Los parámetros del proceso de manufactura se ajustan de manera automática para optimizar la tasa de producción y la calidad del producto, y minimizar el costo. Los parámetros como las fuerzas, las temperaturas, los terminados de la superficie y las dimensiones de la parte se monitorean de manera constante. Si éstos se salen de la escala aceptable, el sistema ajusta las variables del proceso hasta que los parámetros estén de nuevo dentro de ésta.

c. *Robots industriales*. Fueron presentados a principios de la década de 1960 (figuras 10.15 y 10.16) y han remplazado a la mano de obra en operaciones repetitivas, aburridas o de alto riesgo, con lo que se reduce la posibilidad del error humano y la variabilidad en la calidad del producto; todo ello se traduce en mejoras a la productividad. Se han desarrollado robots con capacidades de percepción sensorial (*robots inteligentes)* y movimientos que simulan al hombre.

d. *Manejo automatizado de materiales.* Las computadoras han permitido un manejo de materiales y productos altamente eficiente en diferentes etapas de la producción (*trabajo en proceso*), como la del almacenamiento a las máquinas, de máquina a máquina y en los puntos de inspección, inventario y embarque.



■ **FIGURA 10.15** ■ Robots industriales. *Cortesía de Cincinnati Milacron.*



■ **FIGURA 10.16** ■ Soldadura robótica en una línea de ensamble de automóviles Ford. *Cortesía de Ford Motor Co.*

e. Los *sistemas de ensamblaje automatizado y robotizado* han estado remplazando el costoso ensamblaje realizado por operadores. Los productos se diseñan o rediseñan de manera que éstos puedan ensamblarse con mayor facilidad por medio de una máquina (figura 6.17).

f. La *planeación del proceso asistida por computadora (CAPP)* es capaz de mejorar la productividad en una planta al optimizar los planes del proceso, reducir los costos de planeación, y mejorar la consistencia de la calidad y la confiabilidad del producto. También pueden incorporarse al sistema funciones como la estimación de costos y estándares de trabajo (tiempo requerido para realizar cierta operación).

g. *Tecnología de grupo (TG)*. El concepto de tecnología de grupo consiste en que las partes pueden agruparse y producirse al clasificarlas de acuerdo con sus similitudes en diseño y en el proceso de manufactura empleado para producir cada parte. De esta forma, pueden estandarizarse los diseños y los planes de proceso de las partes y pueden producirse familias de partes de manera eficiente y económica.

h. *Producción justo a tiempo (JIT)*. La característica principal del JIT es que los suministros se entregan justo a tiempo para utilizarse, las partes se producen también justo a tiempo para convertirse en subensambles y ensambles, y los productos se terminan justo a tiempo para entregarse al cliente. De esta manera, los costos de inventario son bajos, los defectos de las partes se detectan de manera correcta, se incrementa la productividad y se fabrican productos de alta calidad a un bajo costo.

i. *Manufactura celular*. La manufactura celular involucra estaciones de trabajo, las cuales son *células de manufactura* que usualmente contienen varias máquinas y un robot central, cada uno de los cuales realiza una operación diferente sobre la parte.



■ **FIGURA 10.17** ■ Sistema automatizado de manufactura. *Cortesía de Cargill Detroit.*

j. Los *sistemas de manufactura flexible (SMF)* integran celdas de manufactura en una gran unidad, todas ellas en interfaz con una computadora central. Los sistemas de manufactura flexible tienen el nivel más alto de eficiencia, sofisticación y productividad. Aunque son costosos, son capaces de producir partes de manera aleatoria y cambiar secuencias de manufactura de partes diferentes con rapidez; así, es posible satisfacer los rápidos cambios en la demanda del mercado para distintos tipos de productos.

k. Los *sistemas expertos*, que fundamentalmente son programas de computadora, se han desarrollado con rapidez. Estos sistemas tienen la capacidad de realizar tareas y resolver problemas difíciles de la vida real como podrían hacerlo profesionistas altamente calificados.

l. La *inteligencia artificial (IA)* implica el uso de máquinas y computadoras para remplazar a la inteligencia humana. Los sistemas controlados por computadora se están volviendo capaces de aprender de la experiencia y tomar decisiones que optimicen las operaciones y minimicen los costos. Las *redes neuronales artificiales*, que están diseñadas para simular el proceso de pensamiento del cerebro humano, tienen la capacidad de modelar y simular instalaciones de producción, monitorear y controlar los procesos de manufactura, diagnosticar problemas en el desempeño de máquinas, conducir la planeación financiera y administrar la estrategia de manufactura de una compañía.

10.19 ■ MANUFACTURA COMPARTIDA

Aunque las grandes corporaciones pueden intentar implantar la tecnología moderna y tomar los riesgos implicados, por lo general las compañías más pequeñas tienen dificultades para hacerlo con un personal, recursos y capital tan reducidos. En años recientes se ha propuesto el concepto de *manufactura compartida*. Éste consiste en una red regional o nacional de instalaciones de manufactura con equipo actualizado para la capacitación, desarrollo de prototipos y corridas de producción a pequeña escala, y están disponibles para ayudar a las pequeñas compañías a desarrollar productos que compitan en el mercado global.

En vista de estos avances y su potencial, algunos expertos han visualizado la fábrica del futuro. Aunque es muy controversial y algunos lo consideran poco realista, se trata de un sistema en el que la producción se llevará a cabo con muy poca o ninguna intervención humana. Se espera que el papel humano se reduzca a la supervisión, al mantenimiento y a la actualización de máquinas, computadoras y software.

10.20 ■ MÉTODOS DE MANUFACTURA Y EL DIBUJO

Al diseñar una parte, deben considerarse cuáles materiales y procesos de manufactura van a utilizarse. Estos procesos determinarán la representación de los elementos detalla-

Nota sobre Gráficos

Ingeniería inversa, el bote salvavidas de la NASA en la era espacial

Si alguna vez los astronautas tuvieran que evacuar la Estación Espacial Internacional, podrían hacerlo en un bote salvavidas de la era espacial como el X-38, un prototipo para el vehículo de retorno de tripulación de la NASA (VRT). El X-38 (figura A) es una nave aérea que obtiene su desplazamiento aerodinámico de la forma de su cuerpo, en lugar de unas alas. Los propulsores electromecánicos deben mover las superficies de control del vuelo del X-38 de manera que pueda ajustar su trayectoria de vuelo entre etapas de despliegue. Los ingenieros de la NASA se enfrentaron al problema de probar los propulsores, los cuales deben soportar el calor del reingreso, las presiones altas y hasta 35 veces la gravedad normal. El método diseñado por los ingenieros en el centro de investigación Dryden Flight de la NASA en Edwards, California consistió en montar el propulsor en un avión F-15 Eagle (figura B), cuya alta maniobrabilidad y velocidad máxima de más de 1,600 millas por hora podían aproximar muchas de las fuerzas que enfrentaría el X-38.

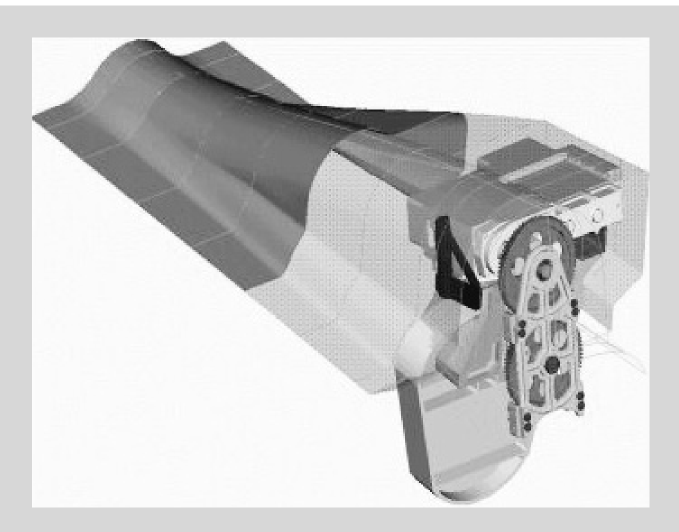
Pero primero, el propulsor debe integrarse en el F-15 montándose dentro de un perfilado aerodinámico localizado entre la cabina del F-15 y el estabilizador vertical, donde se controla el freno de la velocidad del F-15. En el mando del piloto, el freno de velocidad puede extenderse en la corriente de aire donde las presiones aerodinámicas son opuestas al propulsor del X-38. La superficie superior del F-15 tiene una geometría compleja, como curvas compuestas en direcciones múltiples, lo que hace que el diseño de un perfilado que se ajuste de manera precisa en el fuselaje sea una tarea ardua y consumidora de tiempo.

Para ajustar las curvas al tomar las medidas de manera directa en el F-15, los ingenieros tendrían que medir manualmente uno de los contornos del fuselaje, dibujarlo en papel y después introducirlo en un sistema CAD. Si la superficie tuviera múltiples contornos, el proceso tendría que repetirse. El uso de software de digitalización en tres partes significa que los datos tendrían que traducirse para trabajar con Pro/ENGINEER. Ese enfoque no sólo sería muy tardado para un proyecto rápido con restricciones de costo estrictas, sino que también sería inexacto por la gran cantidad de dibujos que se requieren.

Una nueva herramienta de ingeniería inversa llamada Pharaoh (un producto de HighRES, Inc., de La Joya, San Diego, California) permitió a los ingenieros de la NASA utilizar una máquina de medición de coordenadas (MMC) para digitalizar la geometría del F-15 de manera directa en el software Pro/ENGINEER. Antes de Pharaoh, no había forma de que una MMC se pudiera enlazar directamente al Pro/ENGINEER.

Pharaoh de HighRES permitió a los ingenieros de la NASA subirse en el F-15 con una MMC portátil del tamaño de un portafolio y una computadora laptop con un peso de alrededor de 18 kilos para obtener con rapidez las mediciones necesarias. “El primer paso es determinar una configuración para asegurar que el brazo articulado del MMC se pueda mover alrededor de la parte, mientras que todo permanece estacionario”, dice Braxton Carter, presidente de HighRES. “Después, el ingeniero utiliza el CMM y lleva consigo Pro/ENGINEER en una laptop. Por último, el ingeniero obtiene los datos de la parte al mover el brazo sobre la superficie. Pharaoh pro-

(A) El vehículo de retorno de tripulación X-38, mostrado bajo el ala de un B-52, podrá evacuar siete astronautas de la Estación Espacial Internacional. Se estima que el próximo año será probado con un vuelo desde el trasbordador espacial.



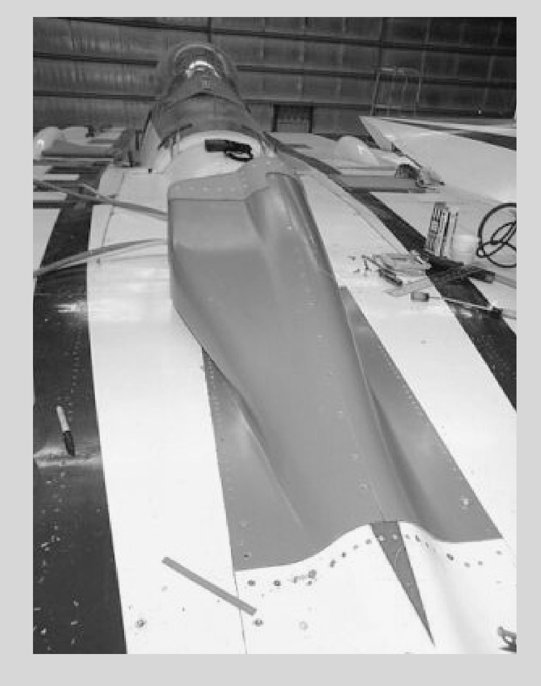
(B) Empleando la exploración de superficie en ingeniería inversa con Pharaoh, los ingenieros de la NASA diseñaron esta cubierta para el timón del propulsor del X-38. El propulsor de 16 kilos activa un freno de velocidad en la corriente de aire para simular la presión que el timón encontrará en vuelo.

porciona una vista en línea de la superficie conforme progresa la medición. Los MMMs tradicionales proporcionan mediciones sólo cuando se hace la operación. Pharaoh proporciona al ingeniero una forma de regresar y verificar por sí mismo, porque realiza el rastreo en tiempo real. No existe digitalización ciega".

Los ingenieros de la NASA pasaron alrededor de tres horas sobre el F-15 recopilando datos con el MMC portátil. Se requirieron alrededor de cinco días más para diseñar el perfilado y llevarlo al fabricante. Sin estos sistemas de ingeniería inversa, los ingenieros de la NASA estiman que hubieran necesitado más de un mes para terminar el diseño. Otro beneficio es la precisión. Algunas de las partes para montar el propulsor del X-38 en el F-15 se necesitó de 250 horas de manufactura, lo que hubiera representado un gran gasto si éstas no hubieran estado correctas desde la primera vez.

Con las herramientas de ingeniería inversa, como HiRES, los ingenieros y diseñadores son capaces de digitalizar a partir de superficies reales para "capturarlas y copiarlas" en su programa de CAD. Después pueden diseñarse las partes nuevas de manera que se ajusten exactamente con el diseño existente (figura C).

Adaptado de *Going About it Backwards* por Ed Geithner.



(C) Pharaoh, el software de ingeniería inversa de HighRES permitió a la NASA explorar con rapidez la compleja geometría del fuselaje del F-15 y diseñar una cubierta aerodinámica para probar en vuelo el timón del propulsor del X-38.

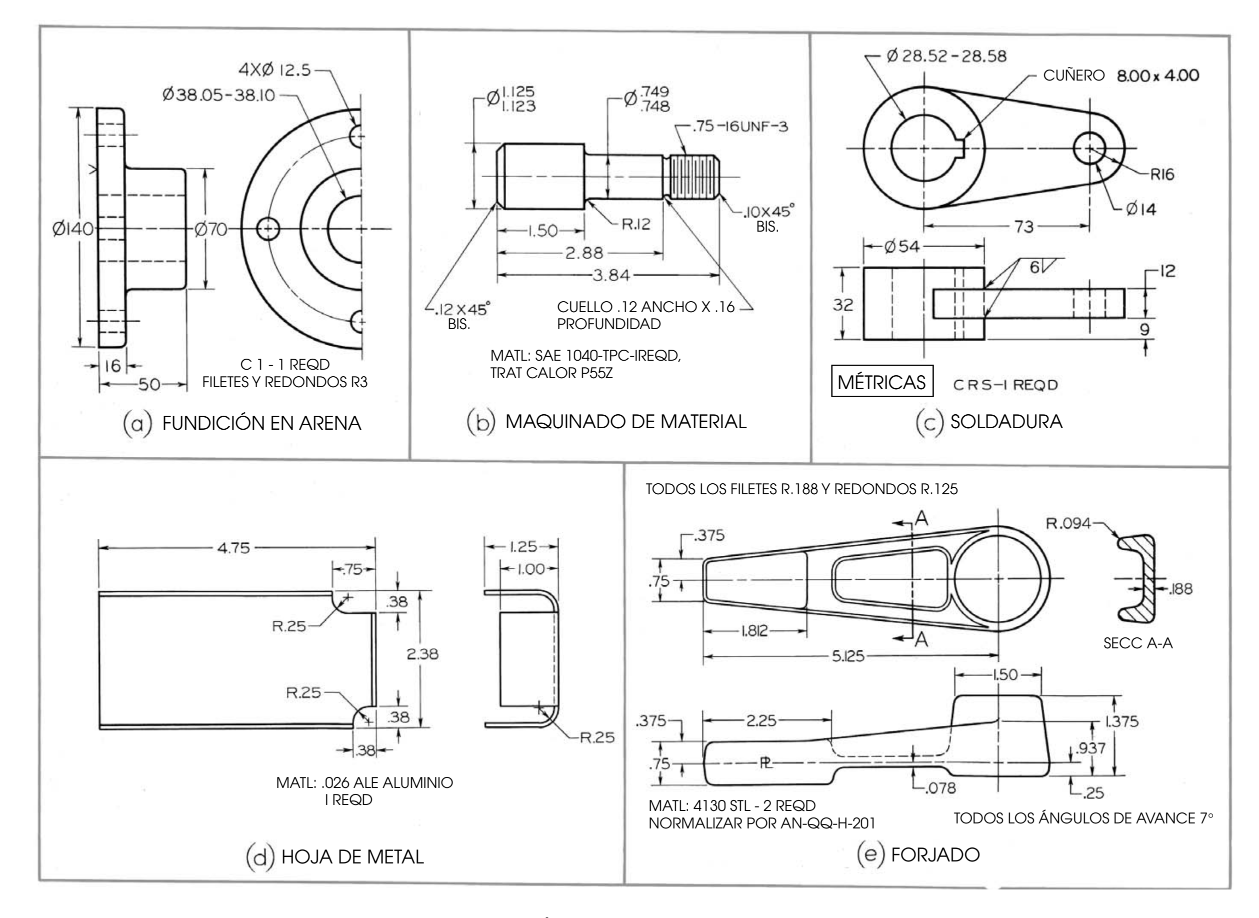
dos de la parte, la elección de las dimensiones y la precisión del maquinado o procesamiento. Los principales tipos de formación de metal son (1) fundición, (2) maquinado de un material estándar, (3) soldadura, (4) formación de un material en forma de hoja y (5) forjado. La comprensión de estos procesos, junto con el entendimiento completo del uso que se le dará a la parte, ayudará a determinar los procesos básicos de manufactura. La figura 10.18 muestra algunos dibujos que reflejan estos métodos de manufactura.

Por ejemplo, en la fundición en arena todas las superficies fundidas permanecen con una textura rugosa (figura 10.16a), con todas las esquinas fileteadas o redondeadas. Las esquinas agudas indican que al menos una de las superficies está terminada (es decir, recibió un maquinado posterior para producir una superficie plana), y se muestran marcas de terminado en la vista del borde de la superficie terminada.

En los dibujos de las partes maquinadas a partir de material estándar (figura 10.18), la mayoría de las superficies se representan como maquinadas. En algunos casos, como en los sistemas de ejes, la superficie existente en la materia prima es lo suficientemente precisa como para no tener que hacer un terminado posterior. Por lo general, las esquinas son agudas, pero cuando es necesario también se maquinan filetes y redondos. Por ejemplo, puede maquinarse una esquina interior con cierto radio que proporcione una mayor fortaleza.

En los dibujos de soldaduras (figura 10.18c), las diferentes piezas se cortan a cierto tamaño, se unen y después se sueldan. Los símbolos de soldadura (listados en el apéndice 32) indican los tipos requeridos. Por lo general no existen filetes y redondos excepto aquellos generados durante el mismo proceso de soldadura. Ciertas superficies pueden maquinarse después de soldarse o, en algunos casos, antes de aplicar soldadura. Observe que los sitios donde se unen las distintas piezas se representan mediante líneas.

En dibujos para lámina metálica (figura 10.18d), el grosor del material es uniforme y por lo general se da en la nota de especificación del material y no en una dimensión sobre el dibujo. Los radios de doblez y los radios de relieve se especifican de acuerdo con la práctica estándar. Para las dimensiones, pueden usarse sistemas de dimensionamiento con pulgadas decimales o milímetros. Pueden requerirse tolerancias de material extra para juntas cuando se determina el tamaño del claro plano.



■ **FIGURA 10.18** ■ Comparación de dibujos para distintos procesos de manufactura.

Para las partes forjadas, por lo general se hacen dibujos separados para el fabricante del troquel y el maquinista. Así, un dibujo de forjado como el que se muestra en la figura 10.18e, proporciona sólo la información para producir el forjado y las dimensiones dadas son las requeridas por el fabricante del dado. Todas las esquinas se redondean y filetean y se muestran como tales en el dibujo. El avance se dibuja a escala y por lo general se especifica en una nota con grados.

PALABRAS CLAVE

CONTROL ADAPTATIVO
CONTROL NUMÉRICO COMPUTACIONAL
COSTO DEL PRODUCTO
CREACIÓN RÁPIDA DE PROTOTIPOS
DISEÑO PARA LA MANUFACTURA, EL ENSAMBLAJE, EL DESENSAMBLAJE Y EL SERVICIO
DISEÑO, INGENIERÍA Y MANUFACTURA ASISTIDOS POR COMPUTADORA
ENSAMBLAJE AUTOMATIZADO
ENSAMBLAJE ROBÓTICO
ESCALA
FORMACIÓN
FUNDICIÓN
INGENIERÍA CONCURRENTE
INGENIERÍA DE MANUFACTURA
INGENIERÍA DEL CICLO DE VIDA
INTELIGENCIA ARTIFICIAL
MANEJO DE MATERIALES AUTOMATIZADO
MANUFACTURA CELULAR
MANUFACTURA COMPARTIDA
MANUFACTURA DE ALTA PRECISIÓN
MANUFACTURA DE LA FORMA NETA
MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA
MAQUINADO
MICROBISTURÍS
MICROROBOTS
NANOFABRICACIÓN
NANOTECNOLOGÍA
NORMAS FIJAS
PLANEACIÓN DEL PROCESO ASISTIDA POR COMPUTADORA
PRECISIÓN DIMENSIONAL
PRODUCCIÓN JUSTO A TIEMPO
PRODUCTIBILIDAD
PROTOTIPOS
REDES NEURONALES ARTIFICIALES
REGLA DE ACERO
ROBOTS INDUSTRIALES
SISTEMAS AVANZADOS
SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE
TECNOLOGÍA DE GRUPO
TERMINADO
UNIÓN

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- La manufactura moderna involucra el diseño del producto, la selección de los materiales y la selección de los procesos. El proceso de transformar las materias primas en un producto terminado de llama procesos de manufactura.
- El proceso de diseño requiere una comprensión clara de las funciones y el desempeño esperados para ese producto.
- La ingeniería concurrente integra el proceso de diseño con la producción para optimizar el ciclo de vida de un producto.
- El diseño, la ingeniería y la manufactura asistidos por computadora se utilizan para construir y estudiar modelos (prototipos) que permiten al diseñador conceptuar objetos con mayor facilidad y mejor eficiencia de costos.
- La selección de los materiales apropiados es clave para del desarrollo de un producto exitoso.
- Los métodos de procesamiento de la manufactura han cambiado de manera sustancial en las últimas décadas. Ahora pueden implantarse procesos más eficientes en costo y tiempo usando la manufactura integrada por computadora.
- Se utilizan técnicas especiales de dimensionamiento para las superficies que han sido maquinadas mediante uno de los procesos de manufactura.
- Los distintos procesos de manufactura se representan mediante convenciones de dibujo en combinación con notas detalladas. Estos dibujos y notas son las instrucciones de manufactura que utiliza el técnico en el taller para crear el objeto deseado.

PREGUNTAS DE REPASO

1. Liste las tres fases más importantes en el proceso de manufactura.
2. Defina ingeniería concurrente y explique cómo puede usarse para mejorar los procesos de diseño y manufactura.
3. Explique los beneficios de la creación rápida de prototipos.
4. Liste cuatro tipos de materiales usados en la manufactura actual.
5. Liste las cinco categorías generales del procesamiento de manufactura.
6. Proporcione por lo menos dos ejemplos de nanotecnología.
7. Liste cuatro tipos de dispositivos de medición.
8. Mencione tres consecuencias de la selección inadecuada de materiales y procesos.
9. Liste cuatro aplicaciones de la manufactura integrada por computadora.

Capítulo

11

Tolerancias

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Describir el tamaño nominal, la tolerancia, los límites y el margen de dos partes correspondientes.**
2. **Identificar un ajuste de holgura, un ajuste de interferencia y un ajuste de transición.**
3. **Describir los sistemas del orificio básico y del eje básico.**
4. **Dimensionar partes correspondientes mediante el uso de dimensiones límite, tolerancias unilaterales y tolerancias bilaterales.**
5. **Describir las clases de ajuste y dar ejemplos de cada una de ellas.**
6. **Dibujar símbolos de tolerancia geométrica.**
7. **Especificar tolerancias de posición y tolerancias geométricas.**

PANORAMA

La manufactura intercambiable permite que las partes de un objeto se fabriquen en distintos sitios e incluso así se ajusten al momento de ser ensambladas. Resulta esencial para la producción masiva que todos los elementos de un producto se ajusten de manera adecuada, por lo que esta intercambiabilidad requiere que el ingeniero de manufactura controle sus tamaños de manera efectiva.

Por ejemplo, un fabricante de automóviles encarga a varias compañías la fabricación tanto de las partes y accesorios de automóviles nuevos como de las refacciones, y todas deben ser lo suficientemente parecidas para ajustarse a cualquier ensamble. Las partes pueden hacerse con dimensiones muy estrictas, incluso a millonésimas de pulgada o milésimas de milímetro (como en el caso de los bloques de calibración), pero a un costo muy alto (e incluso así hay cierta variación entre la dimensión exacta y el tamaño real).

Por fortuna, los tamaños exactos no son necesarios. La precisión requerida para una parte depende de su función: un fabricante de triciclos para niños quebraría rápidamente si las partes de su producto se hicieran con la precisión necesaria para una turbina de jet, pues nadie sería capaz de pagar el precio del triciclo. Proporcionar una tolerancia junto con una dimensión permite especificar el grado de precisión requerido.

La calidad en la manufactura es, principalmente, un factor de tolerancias de maquinado. Los productos con pequeñas variaciones en su forma y tamaño se consideran de alta calidad y pueden implicar precios muy altos. Cuando el proceso de manufactura no puede mantener la forma y el tamaño dentro de los límites prescritos se incurre en un desperdicio. Al monitorear los procesos de manufactura y reducir el desperdicio en una compañía, las ganancias pueden aumentar. Esta relación directa con las ganancias es la razón por la que la tolerancia resulta crítica para el éxito de la manufactura.

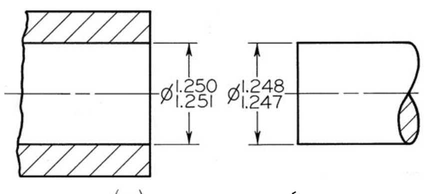
La tolerancia es una extensión del dimensionamiento. Expresa cómo fabricar un producto: proporciona información adicional acerca de la forma, el tamaño y la posición de cada elemento de un producto. A menudo, los programas de CAD proporcionan funciones para el dimensionamiento, la tolerancia y la verificación de ajustes e interferencias que pueden ayudar en el proceso de asignación de tolerancias.

11.1 ■ DIMENSIONAMIENTO DE LA TOLERANCIA

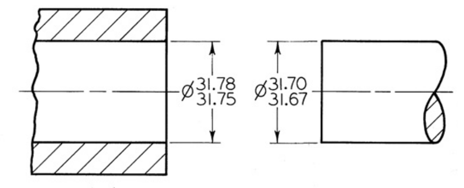
La ***tolerancia*** es la cantidad total que una dimensión específica puede variar (ANSI/ASME Y14.5M-1994). Por ejemplo, una dimensión dada como 1.625 ± .002 significa que la parte manufacturada puede ser de 1.6270 o 1.6230 o cualquier otro valor entre estas ***dimensiones límite***. En este caso, la tolerancia sería de .004. Como una mayor precisión implica un alto costo, se recomienda especificar la tolerancia más adecuada posible que permita el funcionamiento necesario y satisfactorio de la parte.

Las tolerancias se asignan de tal manera que dos partes cualesquiera correspondientes se puedan ajustar entre sí. En el caso de la figura 11.1a, el orificio real no será menor a 1.250 pulg ni mayor a 1.251 pulg; éstos son los límites para la dimensión, y la diferencia entre ellos (.001 pulg) es la tolerancia. Asimismo, el eje debe estar entre los límites 1.248 pulg y 1.247 pulg; la tolerancia para el eje es de .001 pulg La figura 11.1b muestra una versión métrica.

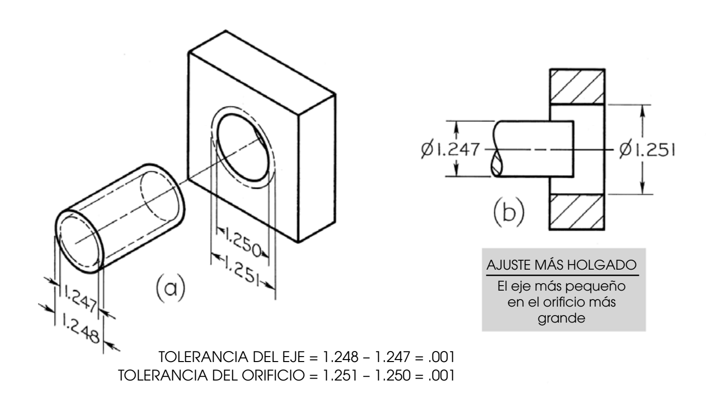
■ **FIGURA 11.1** ■ Ajustes entre partes correspondientes.

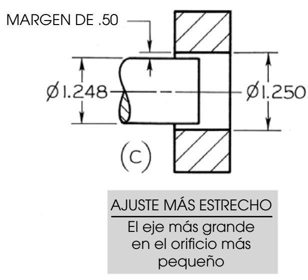


(a) DIMENSIONES LÍMITE



(b) DIMENSIONES LÍMITE – MÉTRICA





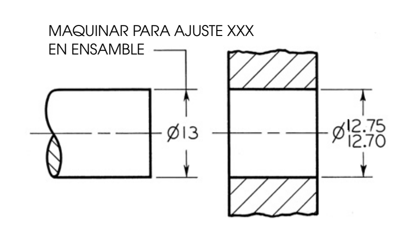
■ **FIGURA 11.2** ■ Dimensiones límite.

La figura 11.2a muestra una ilustración de las dimensiones de la figura 11.1a. El eje máximo se presenta en líneas continuas; el mínimo, en líneas punteadas. La diferencia de .001 pulg, es la tolerancia para el eje. De manera similar, la tolerancia para el orificio es la diferencia entre los dos límites mostrados o .001 pulg El ajuste más holgado, u holgura máxima, ocurre cuando el eje más pequeño se encuentra en el orificio más grande (figura 11.2b). El ajuste más estrecho, u holgura mínima, ocurre cuando el eje más grande se encuentra en el orificio más pequeño (figura 11.2c). La diferencia entre el tamaño del eje más grande y el tamaño del orificio más pequeño (en este caso .002 pulg) se llama ***margen***. La holgura promedio es de .003 pulg, por lo que cualquier eje se ajustará a cualquier orificio de manera intercambiable.

En las dimensiones métricas, los límites para el orificio son 31.75 mm y 31.78 mm; su diferencia, 0.03 mm, es la tolerancia. De manera similar, los límites para el eje son 31.70 mm y 31. 67 mm y la tolerancia es de 0.03 mm.

Cuando se requiere que las partes se ajusten de manera adecuada en un ensamble pero no es necesario que sean intercambiables, no siempre se asigna una tolerancia a las partes, sino que sólo se indica que deben fabricarse para ajustarse en un ensamble (figura 11.3).

■ **FIGURA 11.3** ■ Ajuste no intercambiable.



11.2 ■ DESIGNACIONES DE TAMAÑO

El diseñador debe estar familiarizado con las definiciones de términos técnicos que se aplican en las tolerancias (ANSI/ASME Y14.5M-1994). El ***tamaño nominal*** se usa como identificación general y, por lo general, se expresa en decimales o fracciones comunes. En la figura 11.1, el tamaño nominal del orificio y el eje, que es 1-1/4 pulg, sería de 1.25 pulg o 31.75 mm.

El ***tamaño básico***, o ***dimensión básica***, es el tamaño teóricamente exacto a partir del cual se determinan los límites del tamaño al aplicar márgenes y tolerancias. Es el tamaño desde el cual se determinan los límites para el tamaño, la forma o la ubicación de un elemento. En la figura 11.1a el tamaño básico es igual al tamaño nominal, 1-1/4 pulg, o 1.250 pulg (31.75 mm en la figura 11.1b).

El ***tamaño real*** es el tamaño medido cuando la parte está terminada.

El ***margen*** es el espacio de holgura mínimo (o la máxima interferencia) entre partes correspondientes. En la figura 11.2c, el margen es la diferencia entre el tamaño del orificio más pequeño, 1.250 pulg, y el tamaño del eje más grande, 1.248 pulg (.002 pulg). El margen representa el ajuste permisible más estrecho. Para los ajustes de holgura esta diferencia será positiva, y para los de interferencia será negativa.

11.3 ■ AJUSTES ENTRE PARTES CORRESPONDIENTES

El ajuste es el rango de ajuste u holgura de una combinación de márgenes y tolerancias en partes correspondientes [ANSI B4.1-1967 (R1994) y ANSI B4.2-1978 (R1994)]. Existen cuatro tipos generales de ajustes entre partes:

1. ***Ajuste de holgura***. Cuando un miembro interno se ajusta a un miembro externo (como un eje en un orificio), siempre hay un espacio u holgura entre las partes. En la figura 11.2c, el eje más grande es de 1.248 pulg y el orificio más pequeño es de 1.250 pulg, lo que da un

Manos a la obra 11.1

Determinación de las holguras mínima y máxima

Determine la tolerancia del orificio, tolerancia de eje, margen (holgura mínima) y holgura máxima para las partes mostradas. Escriba sus respuestas en los espacios que se proporcionan abajo.

Ø30.13
30.00

Ø29,89
29,79

MÉTRICAS

Ø1,0007
1,0000

Ø,9996
,9991

Ø1,3760
1,3750

Ø1,3746
1,3740

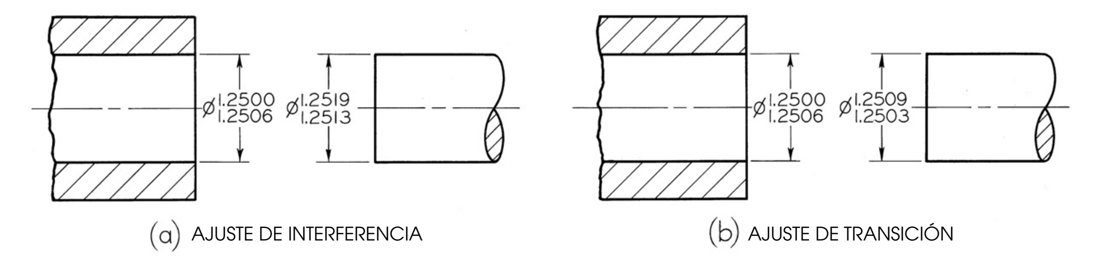
tol orificio:	margen:	tol orificio:	margen:	tol orificio:	margen:
tol eje:	holgura máx:	tol eje:	holgura máx:	tol eje:	holgura máx:

espacio mínimo (margen) de .002 pulg entre las partes. En un ajuste de holgura el margen siempre es positivo.

2. ***Ajuste de interferencia***. Donde el miembro interno siempre es más grande que el externo, se requiere forzar las partes para unirlas. En la figura 11.4a, el eje más pequeño es de 1.2513 pulg y el orificio más grande es de 1.2506 pulg, por lo tanto la interferencia de metal entre las partes es de al menos .00070. Para el tamaño más grande del eje y el más pequeño del orificio, la interferencia será de .0019 pulg Un ajuste de interferencia siempre tiene un margen negativo.

3. **A*juste de transición.*** Resulta de una condición de holgura o interferencia. En la figura 11.4b, el eje más pequeño, de 1.2503 pulg, se ajustará en el orificio más grande, de 1.2506 pulg Pero el eje más grande, de 1.2509 pulg, tendrá que ser forzado para entrar en el orificio más pequeño, de 1.2500 pulg.

■ **FIGURA 11.4** ■ Ajustes entre partes.



4. ***Ajuste de línea.*** Es aquel en donde se especifican los límites, de manera que resulte una holgura o un contacto de superficie al momento de ensamblar las partes correspondientes.

11.4 ■ ENSAMBLE SELECTIVO

Si los márgenes y las tolerancias se especifican de manera adecuada, las partes correspondientes son completamente intercambiables. Sin embargo, para ajustes muy precisos, es necesario especificar márgenes y tolerancias muy pequeñas, y el costo puede ser muy alto. Para evitar este egreso, a menudo se utiliza el ensamble selectivo manual o controlado por computadora. En el ***ensamble selectivo***, todas las partes se inspeccionan y clasifican en varios estratos de acuerdo con los tamaños reales, de manera que los ejes "pequeños" puedan aparejarse con orificios "pequeños", los ejes "medianos" con los orificios "medianos", etcétera. De esta forma, pueden obtenerse ajustes aceptables a un menor costo que maquinando todas las partes correspondientes para obtener dimensiones muy precisas. Por lo general, el ensamble selectivo es mejor que el ensamble intercambiable para ajustes de transición, puesto que se permiten tanto holguras como interferencias.

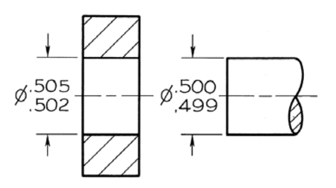
11.5 ■ SISTEMA DE ORIFICIO BÁSICO

A menudo, durante la creación de orificios se utilizan escariadores, ensanchadores, otras herramientas estándar y, para verificar los tamaños reales, normas estándar de conexión. Por otro lado, los ejes se maquinan fácilmente para obtener cualquier tamaño deseado. Por lo tanto, las dimensiones con tolerancia se determinan comúnmente mediante el uso del ***sistema de orificio básico***, en el cual el orificio mínimo se toma como el tamaño básico. Después se determina el margen y se aplican las tolerancias.

11.6 ■ SISTEMA DE EJE BÁSICO

En algunas industrias, como la textil, utilizan una gran proporción de ejes terminados en frío, casi siempre se utiliza el ***sistema de eje básico***. Resulta muy ventajoso cuando se requieren varias partes que tienen ajustes diferentes en un mismo eje, o cuando por alguna razón el eje no se puede maquinar al tamaño deseado con facilidad. Este sistema se debe utilizar sólo cuando existe una razón para ello. En este sistema, se toma el eje máximo como el tamaño básico, después se asigna el margen para cada parte correspondiente y se aplican las tolerancias necesarias.

En la figura 11.5, el tamaño máximo del eje, .500 pulg, es el tamaño básico. Para un ajuste de holgura, se decide dar un margen de .002 pulg, es decir, un tamaño de orificio de .502 pulg Se aplican tolerancias respectivas de .003 pulg y .001 pulg al orificio y al eje, para obtener el orificio máximo de .505 pulg y el eje mínimo de .499 pulg La holgura mínima es la diferencia entre el orificio más pequeño y el eje más grande (.502 pulg −.500 pulg = .002 pulg), y la holgura máxima es la diferencia entre el orificio más grande y el eje más pequeño (.505 pulg −.499 pulg = .006 pulg).



■ **FIGURA 11.5** ■ Sistema de eje básico.

En el caso de un ajuste de interferencia, el tamaño mínimo de orificio se obtendría al restar la holgura deseada del tamaño de eje básico.

11.7 ■ ESPECIFICACIÓN DE TOLERANCIAS

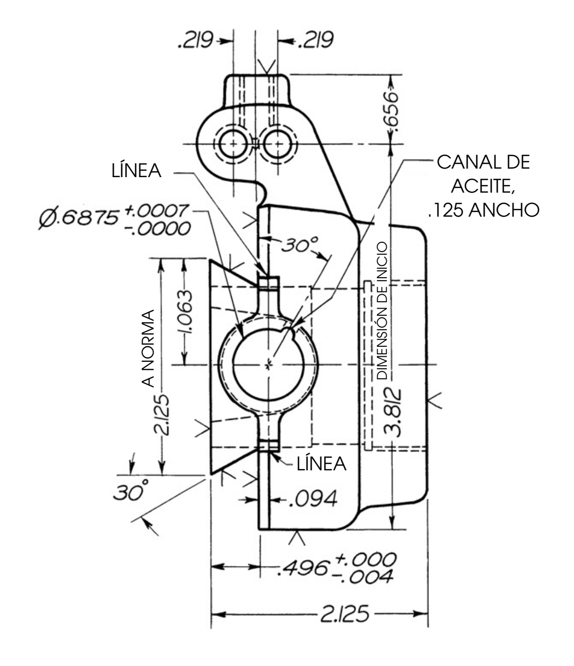
Para las tolerancias de medidas en fracciones decimales deben darse necesariamente en una forma decimal, (figura 11.6).

Cuando existen dimensiones decimales en las que no se proporcionan las tolerancias, también es posible especificar ***tolerancias generales*** en una nota impresa, como:

DIMENSIONES DECIMALES SUJETAS A ±.001

Si se da una dimensión de 3.250, el técnico maquinaría entre los límites 3.249 y 3.251 (figura 11.11).

■ **FIGURA 11.6** ■ Dimensiones decimales con tolerancia.



Las tolerancias para dimensiones métricas pueden especificarse en una nota, como:

DIMENSIONES MÉTRICAS SUJETAS ±0.08

De manera que cuando las dimensión dada de 3.25 se convierta a milímetros, el técnico maquine entre los límites de 82.63 y 82.74 mm.

Todas las dimensiones de un dibujo deben tener una tolerancia, ya sea escrito en forma directa o mediante una nota general de tolerancia. Con frecuencia, se asume que el material comercial tiene las tolerancias establecidas por los estándares comerciales.

Existe la costumbre de indicar una tolerancia general global para todas las dimensiones fraccionarias comunes; esto se lleva a cabo por medio de una nota impresa dentro del cuadro de referencia o justo encima de él (figura 11.7).

EJEMPLO

TODAS LAS DIMENSIONES FRACCIONARIAS ±1/64″
A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO

Las tolerancias angulares generales también pueden darse como:

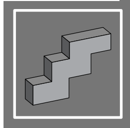
TOLERANCIA ANGULAR ±1°

A continuación se presentan varios métodos aprobados por ANSI (ANSI/ASME Y14.5M-1994) para expresar las tolerancias de dimensiones:

1. Dimensionamiento límite. Éste es el método más recomendable, en el que se especifican los límites máximo y mínimo, (figura 11.8). El valor máximo se coloca encima del mínimo, (figura 11.8a). En la forma de una sola nota, el límite inferior precede al límite superior separado por un guión (figura 11.8b).
2. Dimensionamiento más-menos. En este método el tamaño básico es seguido por una expresión más-menos (±) para la tolerancia. El resultado puede ser unilateral, cuando la tolerancia se aplica sólo en una dirección de manera que un valor es cero, o bilateral, cuando el mismo valor o valores diferentes se suman y se restan (figura 11.9). Si se proporcionan dos números de tolerancia distintos (uno agregado y el otro restado) la adición se coloca encima de la sustracción. Uno de los números puede ser cero. Si el valor agregado y el restado son iguales, se da un solo valor, precedido por el símbolo más-menos (±), (figura 11.10).

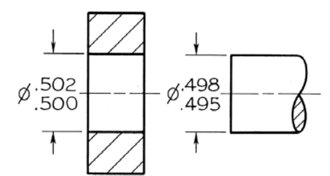
   El ***sistema unilateral de tolerancias*** permite variaciones en sólo una dirección a partir del tamaño básico. Este método es recomendable para lograr un tamaño crítico al retirar material durante la manufactura, como en el caso de orificios y ejes con ajustes muy exactos. En la figura 11.9a, el tamaño básico es 1.878 pulg (47.70 mm). La tolerancia de .002 pulg





Paso a paso 11.1
Utilización del sistema de orificio básico

1. Determine el sitio donde las partes correspondientes deban ajustarse. Como el orificio será maquinado con una herramienta de tamaño estándar, su tamaño se usará para determinar el ajuste. En la figura mostrada, se usa el tamaño mínimo del orificio, .500 pulg, como el tamaño básico.



AJUSTE ORIFICIO BÁSICO

2. Determine el tipo de ajuste y aplique la holgura al tamaño básico. Para un ajuste de holgura, se resta una holgura de .002 pulg del tamaño de orificio básico, lo que hace que el máximo tamaño del eje sea de .498 pulg puesto que es más fácil maquinar el eje para obtener un tamaño más pequeño que aplicar la holgura al orificio.
3. Aplique la tolerancia. Se aplican las tolerancias respectivas de .002 y .003 pulg al orificio y al eje para obtener el orificio máximo de .502 pulg y el eje mínimo de .495 pulg Así, la holgura mínima es la diferencia entre el orificio más pequeño y el eje más grande (.500 pulg −.4980 pulg = .002 pulg), y la holgura máxima es la diferencia entre el orificio más grande y el eje más pequeño (.502 pulg −.495 pulg = .007 pulg).

AJUSTE DE INTERFERENCIA

En el caso de un ajuste de interferencia, el tamaño del eje máximo se encontraría al sumar la holgura deseada (la interferencia máxima) al tamaño del orificio básico.

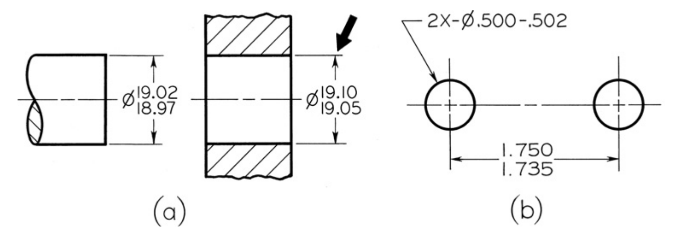
En la figura 11.4, el tamaño básico es 1.2500 pulg La máxima interferencia decidida fue .0019 pulg, que al agregarse al tamaño básico da 1.2519 pulg, el tamaño del eje más grande.

NO ESCALE EL DIBUJO

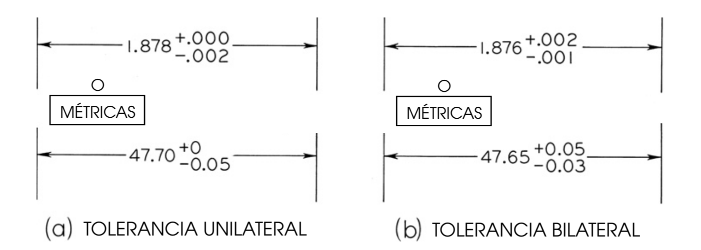
LÍMITES EN LAS DIMENSIONES FRACCIONARIAS DE LA MÁQUINA ± 1/64 Y EN LAS DIMENSIONES DECIMALES ±.001 A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA COSA

TRATAMIENTO AL CALOR	ESCALA COMPLETA	CARTEPILLAR TRACTOR CO OFICINA EJECUTIVAS - SAN LEANDRO CALIFORNIA
S A E VI HDN BRINELL 3.7-4.0 mm UBICACIÓN DE PRUEBA DEBE SER ENTRE 3.50 Y 5.00 A PARTIR DE LOS EXTREMOS Y NO MÁS DE .16 DE PROFUNDIDAD.	FECHA	NOMBRE EJE DE TRANSMISIÓN SUPERIOR
	DIBUJADO POR	SHAFT
	TRAZADO POR	MATERIAL ACERO CT # IE29 H R ②
	REVISADO POR	REDONDO 2 11/16
	APROBADO POR	IA4032
	REDIBUJADO	

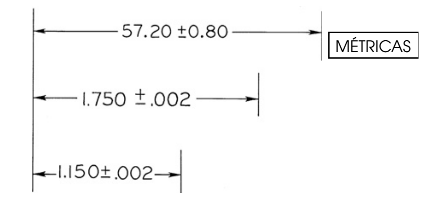
■ **FIGURA 11.7** ■ Notas de tolerancia general.



■ **FIGURA 11.8** ■ Método para proporcionar límites.



■ **FIGURA 11.9** ■ Expresión de la tolerancia.



■ **FIGURA 11.10** ■ Tolerancias bilaterales.

(0.05 mm) está en una sola dirección: hacia el tamaño más pequeño. Si la dimensión es para un diámetro de eje, el tamaño básico de 1.878 pulg (47.70 mm) está más cerca del tamaño crítico, por lo que se le elimina la tolerancia. Una tolerancia unilateral siempre es sólo sumada o restada, pero deben mostrarse los ceros para el otro valor de tolerancia, como en la figura 11.9a.

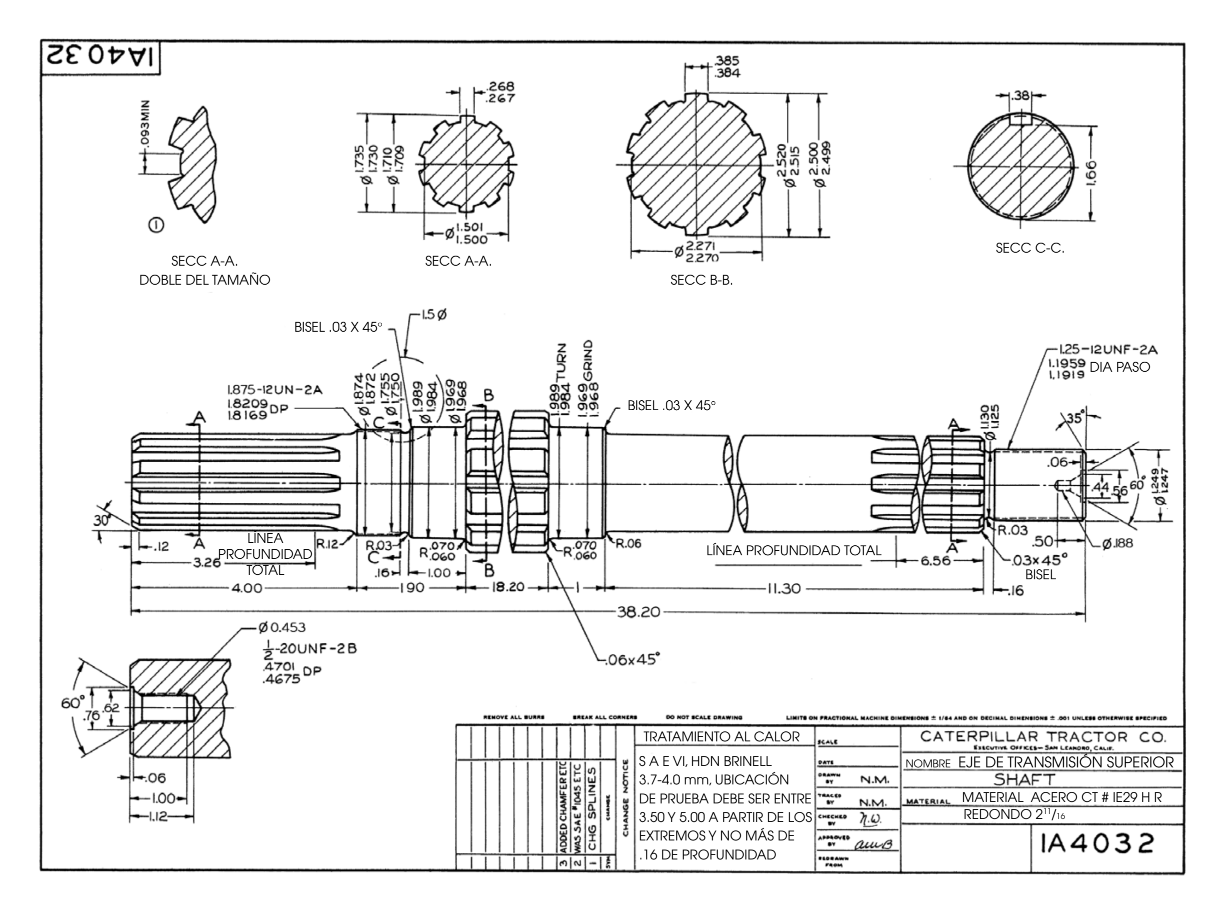
El ***sistema bilateral de tolerancias*** permite variaciones en las dos direcciones a partir del tamaño básico. Por lo general, las tolerancias bilaterales se dan para las dimensiones de localización o cualquier dimensión que tenga permitido variar en cualquier dirección. En la figura 11.9b, el tamaño básico es 1.876 pulg (47.65 mm), y el tamaño real puede ser más grande por .002 pulg (0.05 mm) o más pequeño por .001 pulg (0.03 mm). Si se permite la misma variación en ambas direcciones, se utiliza el símbolo más - menos ±, (figura 11.10).

La figura 11.11 proporciona un ejemplo típico de dimensionamiento límite.

3. ***Dimensionamiento de un solo límite***. No siempre es necesario especificar los dos límites. Por lo general se escribe MIN o MAX después de un número para indicar las dimensiones mínimas o máximas deseadas donde otros elementos de diseño determinan los otros límites no especificados. Por ejemplo, una longitud de rosca puede dimensionarse como ROSCOMPMIN o un radio como R .05 MAX. Otras aplicaciones incluyen profundidades de orificios o biseles, por ejemplo.
4. Por lo general, las ***tolerancias angulares*** son bilaterales y en términos de grados, minutos y segundos.
   25° ± 1°, 25°0′ ± 0°15′, O 25° ± 0.25°.

11.8 ■ LÍMITES Y AJUSTES DEL INSTITUTO NACIONAL ESTADOUNIDENSE DE ESTÁNDARES

El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (*American National Standards Institute*) desarrolló el documento ANSI B4.1-1967 (R1994), *Preferred Limits and Fits for Cilindrical Parts* para definir términos y recomendar los tamaños estándar, márgenes, tolerancias y ajustes preferidos en términos de pulgadas decimales. Este modelo proporciona una conjunto de clases estándar de ajuste con base en un orificio unilateral, de manera que la clase



■ **FIGURA 11.11** ■ Dimensionamiento límite.

de ajuste de las partes correspondientes proporcionen un desempeño similar a través de todo el rango de tamaños. Estas tablas proporcionan márgenes estándar para cualquier tamaño o tipo de ajuste dado; también prescriben los límites estándar para las partes correspondientes que producirán el ajuste.

Las tablas están diseñadas para el sistema de orificio básico (vea los apéndices del 5 al 9). Para la cobertura del sistema métrico de tolerancias y ajustes, vea los apéndices del 11 al 14.

La tabla 11.1 proporciona los tres tipos generales de ajuste, los cinco subtipos, sus símbolos con letra y sus descripciones.

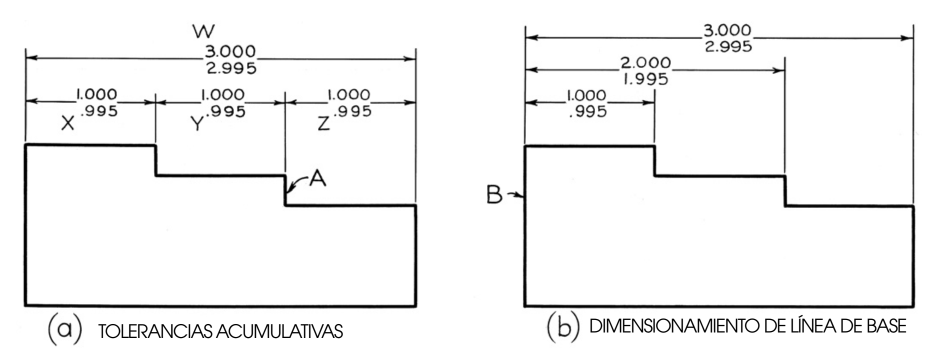
En las tablas para cada clase de ajuste, el rango de tamaños nominales de ejes u orificios se expresa en pulgadas. Para simplificar las tablas y reducir el espacio requerido para presentarlas, los otros valores se dan en *milésimas de pulgada*. Se proporcionan los límites de holgura máximo y mínimo; el número superior es la menor holgura, o el margen, y el número inferior es la holgura máxima, o el ajuste más holgado. Bajo el encabezado "Límites Estándar", están los límites para el orificio y para el eje que se aplicarán al tamaño básico para obtener los límites del tamaño para las partes, usando el sistema de orificio básico.

11.9 ■ ACUMULACIÓN DE TOLERANCIAS

En el dimensionamiento de tolerancias, es muy importante considerar el efecto de una tolerancia sobre otra. Cuando la ubicación de una superficie se ve afectada por más de un valor de tolerancia, dichas tolerancias son *acumulativas*. Por ejemplo, en la figura 11.12a, si se omite la dimensión Z, la superficie A será controlada por las dos dimensiones X e Y, y puede existir una variación total de .010 pulg en lugar de la variación de .005 pulg permitida por la dimensión Y. Si el objeto se fabrica con las tolerancias mínimas de X, Y y Z, la variación total en la longitud de la parte será de .015 pulg, y la parte puede tener una longitud mínima de 2.985 pulg Sin embargo, la tolerancia en la dimensión global W es de sólo .005 pulg, esto permite que la parte pueda tener sólo la longitud mínima de 2.995 pulg. La parte se controla en demasiadas formas diferentes: la cual estará sobredimensionada.

TABLA 11.1 ■ Tipos de ajuste.

Tipos y subtipos generales de ajuste			
Tipo de ajuste	**Símbolo**	**Subtipo**	**Descripción**
DE HOLGURA	RC	Ajustes de corrimiento o deslizamiento	Los ajustes de corrimiento o deslizamiento (apéndice 5) están diseñados para proporcionar un desempeño similar en todo el rango de tamaños, con una holgura útil para la lubricación. Las holguras para las primeras dos clases, usadas sobre todo en ajustes de deslizamiento, se incrementan con más lentitud con el diámetro que las otras clases, de manera que la ubicación exacta se mantiene aun cuando existe un movimiento relativamente libre.
DE LOCALIZACIÓN	LC LT LN	Ajustes de holgura Ajustes de holgura transitoria o de interferencia Ajuste de interferencia de localización.	Los ajustes de localización (apéndices 6 a 8) son ajustes encaminados a determinar sólo la ubicación de las partes correspondientes; éstos pueden proporcionar localizaciones rígidas o exactas, como en el caso de los ajustes de interferencia, o proporcionar algún margen, como en el de los ajustes de holgura. En concordancia, se dividen en tres grupos: ajustes de holgura, ajustes de transición y ajustes de interferencia.
INTERFERENCIA	FN	Ajustes forzados o estrechos.	Los ajustes forzados o estrechos (apéndice 9) constituyen un tipo especial de ajuste de interferencia, caracterizado normalmente por el mantenimiento de presiones constantes a través del rango de tamaños. Por lo tanto, la interferencia varía casi de manera directa respecto al diámetro, y la diferencia entre sus valores mínimo y máximo es pequeña para mantener las presiones resultantes dentro de límites razonables.



■ **FIGURA 11.12** ■ Tolerancias acumulativas.

En algunos casos, por razones funcionales, puede ser deseable conservar cercanas las tres dimensiones (como las X, Y y Z que se muestran en la figura 11.12a) sin considerar la anchura total de la parte. En tales casos, la dimensión total debe convertirse en una ***dimensión de referencia*** colocada entre paréntesis. En otros casos puede desearse la conservación de dos dimensiones (como X e Y, en la figura 11.12a), y la anchura total de la parte. En este

caso, una dimensión como la Z mostrada en la figura 11.12a debe omitirse o bien proporcionarse sólo como una dimensión de referencia.

Como regla general, resulta mejor dimensionar cada superficie de manera que esté afectada por sólo una dimensión. Esto puede hacerse relacionando a todas las dimensiones con una sola superficie de referencia tal como la superficie B de la figura 11.12b.

11.10 ■ TOLERANCIAS Y PROCESOS DE MAQUINADO

Las tolerancias deben ser consideradas como sea posible, siempre y cuando permitan el uso satisfactorio de la parte maquinada. Entre más estrecha sea la tolerancia, más costosa resultará la manufactura de la parte. Pueden obtenerse grandes ahorros mediante el uso de herramientas económicas y bajos costos de mano de obra e inspección y la reducción en el desperdicio de material.

La figura 11.13 muestra una gráfica que puede utilizarse como guía general. En ésta se presentan las tolerancias alcanzables mediante el proceso de maquinado que se indica. Estos valores pueden convertirse en valores métricos al multiplicar por 25.4 y redondear a una cantidad decimal menor.

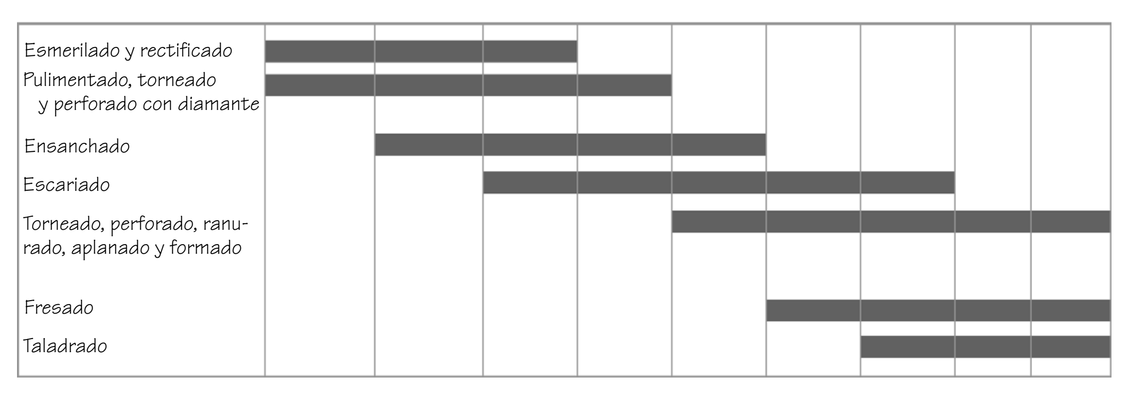
11.11 ■ SISTEMA MÉTRICO DE TOLERANCIAS Y AJUSTES

El material anterior sobre límites y ajustes entre partes correspondientes se aplica en ambos sistemas de medición. En la norma ANSI B4.2 se encuentra un sistema de límites y ajustes métricos recomendado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, *International Organization for Standarization*). Este sistema se especifica para orificios, cilindros y ejes, pero también puede adaptarse a ajustes entre superficies paralelas o elementos como cuñas y ranuras. Los siguientes términos para ajustes métricos, que se ilustran en la figura 11.14, son de alguna manera similares a los términos para los ajustes con pulgadas decimales:

1. El tamaño básico es el tamaño a partir del cual se asignan límites o desviaciones. Los tamaños básicos, por lo general diámetros, deben seleccionarse a partir de una tabla de tamaños recomendados (figura 11.15).

■ **FIGURA 11.13** ■ Procesos de maquinado y sus tolerancias.

Rango de tamaños Desde	Hasta, inclusive	Tolerancias								
.000	.599	.00015	.0002	.0003	.0005	.0008	.0012	.002	.003	.005
.600	.999	.00015	.00025	.0004	.0006	.001	.0015	.0025	.004	.006
1.000	1.499	.0002	.0003	.0005	.0008	.0012	.002	.003	.005	.008
1.500	2.799	.00025	.0004	.0006	.001	.0015	.0025	.004	.006	.010
2.800	4.499	.0003	.0005	.0008	.0012	.002	.003	.005	.008	.012
4.500	7.799	.0004	.0006	.001	.0015	.0025	.004	.006	.010	.015
7.800	13.599	.0005	.0008	.0012	.002	.003	.005	.008	.012	.020
13.600	20.999	.0006	.001	.0015	.0025	.004	.006	.010	.015	.025



Manos a la obra 11.2

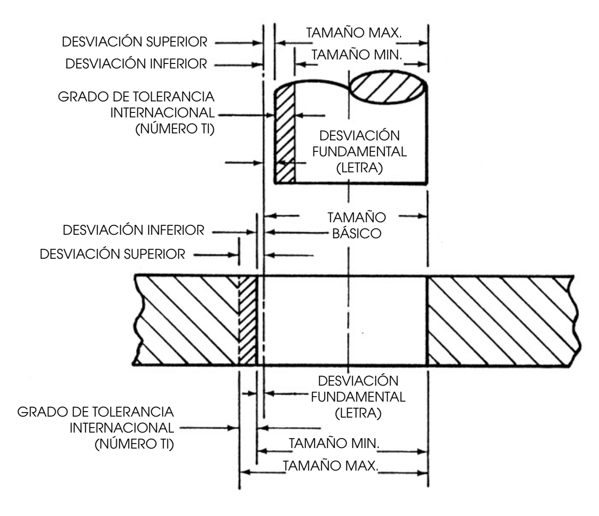
Bosquejo de dimensiones con tolerancias

En las dimensiones especificadas para la vista sencilla de la derecha no se muestran tolerancias. Siga las instrucciones dadas para agregar tolerancias a las dimensiones a través de métodos de tolerancia límite y tolerancia bilateral.

Agregue las dimensiones dadas, para ello utilice tolerancias límite ±.01.

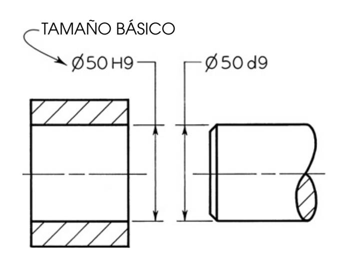
Agregue las dimensiones dadas, para ello utilice tolerancias bilaterales.

2. La desviación es la diferencia entre el tamaño básico y el tamaño del orificio o eje. Esto es equivalente a la tolerancia del sistema en pulgadas decimales.



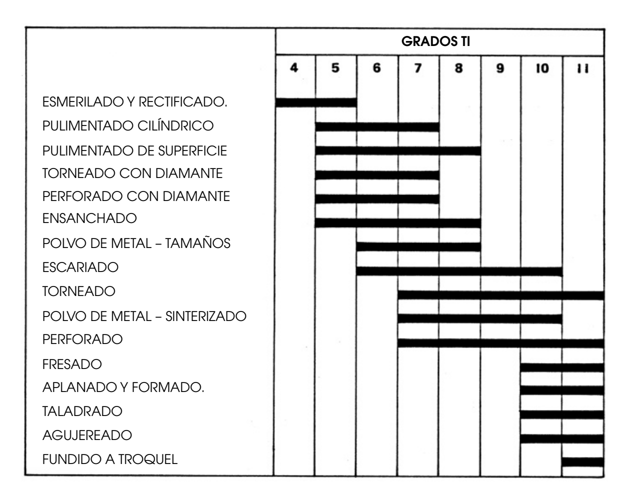
■ **FIGURA 11.14** ■ Términos relacionados con los límites y ajustes métricos [ANSI B4.2-1978 (R1994)].

3. La desviación superior es la diferencia entre el tamaño básico y el tamaño máximo permitido para la parte. Esto es comparable con la tolerancia máxima en el sistema de pulgadas decimales.
4. La desviación inferior es la diferencia entre el tamaño básico y el tamaño mínimo permitido para la parte. Esto es comparable con la tolerancia mínima en el sistema de pulgadas decimales.
5. La desviación fundamental es la desviación más cercana al tamaño básico. Esto es comparable con el margen mínimo en el sistema de pulgadas decimales.
6. La tolerancia es la diferencia entre el tamaño mínimo permitido y el tamaño máximo permitido para una parte.

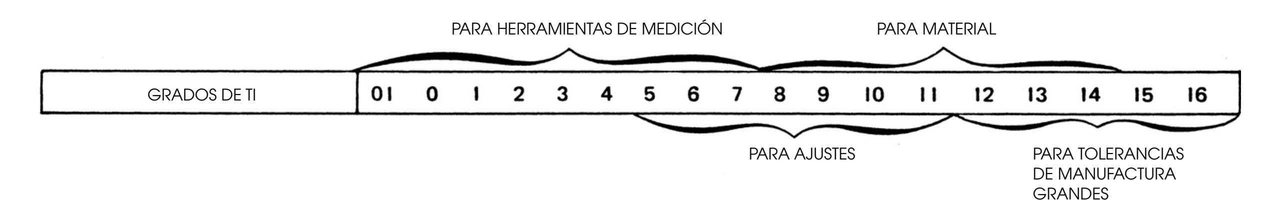


■ **FIGURA 11.15** ■ Métodos para especificar tolerancias con símbolos para partes correspondientes.

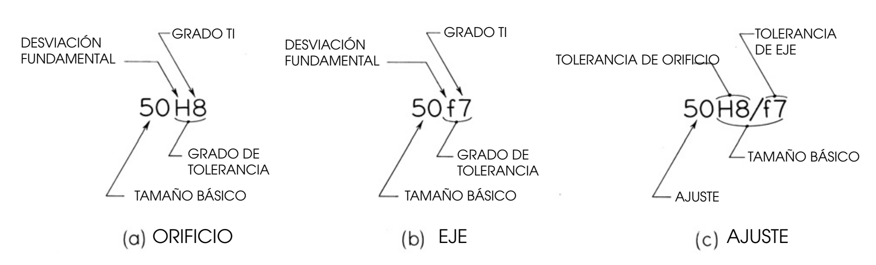
7. El grado de tolerancia internacional (TI) es un conjunto de tolerancias que varían de acuerdo con el tamaño básico y proporciona un nivel uniforme de precisión dentro del grado. Por ejemplo, en la dimensión 50H8 para un ajuste de corrimiento exacto, el grado TI se indica por medio del número 8 (la letra H indica que la tolerancia se refiere al agujero para la dimensión de 50 mm). En total, existen 18 grados de TI —TI01, TI0 y desde el TI1 hasta el TI16, figuras 11.16 y 11.17— para los grados TI relacionados con los procesos de maquinado y para el uso práctico de los grados TI (vea también el apéndice 10).
8. La zona de tolerancia se refiere a la relación con el tamaño básico. Se establece mediante una combinación de la desviación fundamental indicada por una letra y el número del grado TI. En la dimensión 50H8, para el ajuste de corrimiento exacto, el H8 especifica la zona de tolerancia (figura 11.18).
9. El ***sistema de ajustes preferidos basado en el orificio*** es un sistema en el que el diámetro básico es el tamaño mínimo. Para el sistema generalmente recomendado basado en el orificio (figura 11.18a), la desviación fundamental se especifica mediante la letra mayúscula H.
10. El ***sistema de ajustes preferidos basado en el eje*** es un sistema en el que el diámetro básico es el tamaño máximo del eje. La desviación fundamental está dada por la letra minúscula f (figura 11.18b).
11. Un ***ajuste de interferencia*** resulta en una interferencia entre dos partes correspondientes, bajo *todas* las condiciones de tolerancia.
12. Un ***ajuste de transición*** resulta en una condición de holgura o interferencia entre dos partes ensambladas.
13. Los ***símbolos de tolerancia*** se utilizan al especificar las tolerancias y ajustes para partes correspondientes (figura 11.18c). Para el sistema basado en el orificio, el 50 indica el diámetro en milímetros, la letra mayúscula H indica la desviación fundamental para el orificio



■ **FIGURA 11.16** ■ Grados de tolerancia internacional relacionados con los procesos de maquinado [ANSI B4.2-1978(R1994)].



■ **FIGURA 11.17** ■ Uso práctico de grados de tolerancia internacional.



■ **FIGURA 11.18** ■ Aplicación de definiciones y símbolos a orificios y ejes [ANSI B4.2-1978 (R1994)].

y la letra minúscula f indica la desviación para el eje. Los números que siguen a las letras indican el grado TI. Observe que los símbolos para el orificio y eje están separados por una diagonal. Los símbolos de tolerancia para un orificio de 50 mm de diámetro pueden darse en varias formas aceptables (figura 11.19). Los valores entre paréntesis son sólo para referencia y pueden omitirse. Los valores de los límites superior e inferior pueden encontrarse en el apéndice 11.

11.12 ■ TAMAÑOS PREFERIDOS

La tabla 11.2 presenta los tamaños básicos preferidos para calcular tolerancias. Los diámetros básicos deben seleccionarse de la columna de la primera opción puesto que éstos son tamaños de material fáciles de encontrar para productos redondos, cuadrados y hexagonales.

11.13 ■ AJUSTES PREFERIDOS

La tabla 11.3 proporciona los símbolos para los ajustes (holgura, transición e interferencia) basados en el orificio o el eje. Siempre que sea posible, seleccione en esta tabla los ajustes para partes correspondientes.

Los valores correspondientes a los ajustes se encuentran en los apéndices del 11 al 14. Aunque existen diámetros para los tamaños básicos de segunda y tercera opción, éstos deben calcularse a partir de tablas que no se incluyen en este texto. Para el sistema basado en el orificio, que generalmente es el preferido, observe que los símbolos ISO van desde H11/c11 (corrimiento holgado) hasta H7/u6 (ajuste forzado). Para el sistema basado en el eje, los símbolos preferidos van desde C11/h11 (ajuste holgado) hasta U7/h6 (ajuste forzado).

Suponga que se desean usar los símbolos con el fin de especificar las dimensiones para un ajuste de corrimiento libre (basado en el orificio) para un diámetro propuesto de 48 mm. Como en la tabla 11.2 no se encuentra un tamaño preferido de 48 mm, el diseño se altera para utilizar el diámetro aceptable de 50 mm. En las descripciones de ajustes preferidos de la tabla 11.3, el ajuste de corrimiento libre (basado en el orificio) es H9/d9. Para determinar los límites de desviación superior e inferior del orificio como se da en la tabla basada en el orificio (apéndice 11) siga a través del tamaño básico de 50 para H9 bajo "Corrimiento libre". Los límites para el orificio son 50.000 y 50.062 mm. Después, los límites de desviación superior e inferior para el eje se encuentran en la columna d9 bajo "Corrimiento rápido". Éstos son 49.920 y 49.858 mm, respectivamente. Los límites para los otros ajustes se establecen de una manera similar.

Los límites para el dimensionamiento basado en el eje se determinan en forma parecida a partir de la tabla basada en el eje del apéndice 13. Vea las figuras 11.19 y

TABLA 11.2 ■ Tamaños preferidos [ANSI B4.2-1978 (R1994)].

Tamaño básico mm		Tamaño básico mm		Tamaño básico mm	
Primera opción	**Segunda opción**	**Primera opción**	**Segunda opción**	**Primera opción**	**Segunda opción**
1		10		100	
	1.1		11		110
1.2		12		120	
	1.4		14		140
1.6		16		160	
	1.8		18		180
2		20		200	
	2.2		22		220
2.5		25		250	
	2.8		28		280
3		30		300	
	3.5		35		350
4		40		400	
	4.5		45		450
5		50		500	
	5.5		55		550
6		60		600	
	7		70		700
8		80		800	
	9		90		900
				1000	

50 H8 — (a) PREFERIDO

50 H8 (50.039 / 50.000) — (b)

50.039 / 50.000 (50 H8) — (c)

■ **FIGURA 11.19** ■ Métodos aceptables para proporcionar símbolos de tolerancia.

	Símbolo ISO			
	Basado en el orificio	Basado en el eje[a]	Descripción	
Ajustes de holgura	H11/c11	C11/h11	***Corrimiento holgado.*** Ajuste para tolerancias comerciales amplias o márgenes en miembros externos.	Más holgura ⟶
	H9/d9	D9/h9	***Corrimiento libre***. Ajuste que no debe usarse cuando la exactitud sea esencial, pero que es adecuado para variaciones grandes de temperatura, altas velocidades de corrimiento o altas presiones de trabajo.	
	H8/f7	F8/h7	***Corrimiento estrecho***. Ajuste para el corrimiento en máquinas exactas y la localización precisa a velocidades y presiones de trabajo moderadas.	
Ajustes de transición	H7/g6	G7/h6	***Deslizamiento***. Ajuste que no está diseñado para correr libremente, sino para moverse y girar libremente y localizarse con exactitud.	
	H7/h6	H7/h6	***Holgura de ubicación***. Proporciona un ajuste cómodo para localizar partes estacionarias; pero puede ensamblarse y desensamblarse con libertad.	
	H7/k6	K7/h6	***Transición de ubicación***. Ajuste para una localización exacta; constituye una concesión entre la holgura y la interferencia.	
	H7/n6	N7/h6	***Transición de ubicación***. Ajuste para una localización más exacta donde se permite una interferencia mayor.	
Ajustes de interferencia	H7/p6	P7/h6	***Interferencia de ubicación***. Ajuste para partes que requieren rigidez y alineación con una exactitud primaria en la localización, pero sin requerimientos especiales de presión.	⟵ Más interferencia
	H7/s6	S7/h6	***Mediano***. Ajuste para partes ordinarias de acero o ajustes estrechos en secciones delgadas; es el ajuste más ligero útil para hierro fundido.	
	H7/u6	U7/h6	***Forzado***. Ajuste útil para partes que pueden estar sometidas a una alta tensión o para ajustes estrechos donde las grandes fuerzas de presión son poco prácticas.	

[a] Los ajustes de transición e interferencia basados en el eje que se muestran no se convierten de manera exacta a las mismas condiciones de ajuste para los tamaños básicos en el rango de Q a 3 mm. El ajuste de interferencia P7/h6 se convierte a un ajuste de transición H7/p6 en el rango de tamaño anterior.

TABLA 11.3 ■ Ajustes preferidos [ANSI B4.2-1978(R1994)].

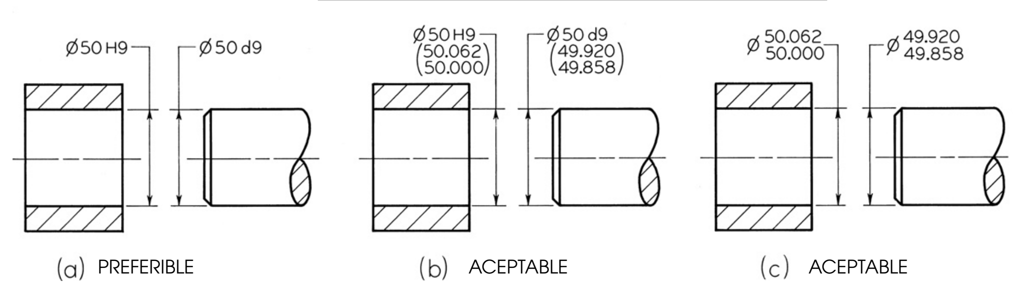
11.20, donde se presentan métodos aceptables para especificar tolerancias mediante símbolos en los dibujos. Como se muestra en la figura 11.20, una sola nota para las partes correspondientes (ajuste de corrimiento libre, basado en el orificio) sería ∅50 H9/d9.

11.14 ■ TOLERANCIA GEOMÉTRICA

Las ***tolerancias geométricas*** establecen las variaciones máximas permisibles de una forma o su posición respecto a la geometría perfecta implicada en el dibujo. El término "geométrica" se refiere a las diferentes formas, como un plano, un cilindro, un cono, un cuadrado o un hexágono. En teoría, éstas son formas perfectas, pero como es imposible producir formas perfectas, puede ser necesario especificar la cantidad de variación permitida o la calidad. Las tolerancias geométricas especifican el diámetro o la anchura de una zona de tolerancia dentro de la cual debe estar una superficie, el eje de un cilindro o un orificio para que la parte satisfaga la exactitud requerida para el funcionamiento y ajuste adecuados. Cuando las tolerancias de forma no se proporcionan en un dibujo, existe la costumbre de suponer que, independientemente de las variaciones de forma, la parte se ajustará y funcionará de manera satisfactoria.

Las tolerancias de forma y posición (o localización) controlan características como la rectitud, planicie, el paralelismo, la perpendicularidad (cuadratura), la concentricidad, la redondez, el desplazamiento angular, etcétera.

Se recomiendan los métodos que indican las tolerancias geométricas por medio de ***símbolos de característica geométrica***, en lugar de las notas tradicionales. Para leer un tratamiento más completo del tema, consulte el estándar de tolerancias y dimensionamiento más reciente (ANSI/ASME Y14.5M-1994).



■ **FIGURA 11.20** ■ Métodos para especificar tolerancias con símbolos para partes correspondientes.

11.15 ■ SÍMBOLOS PARA TOLERANCIAS DE POSICIÓN Y FORMA

Como las notas tradicionales para especificar tolerancias de posición (ubicación) y forma pueden resultar confusas, requerir mucho espacio y no ser entendibles a nivel internacional, la mayoría de las compañías multinacionales han adoptado símbolos para dichas especificaciones (ANSI/ASME Y14.5M-1994). Estos símbolos de ANSI, que se muestran en la tabla 11.4, proporcionan un medio exacto y conciso para especificar características geométricas y tolerancias en un mínimo de espacio. Los símbolos pueden complementarse con notas si los requerimientos geométricos precisos no pueden ser comunicados mediante símbolos. Para conocer detalles de la elaboración de símbolos de tolerancias geométricas, consulte el apéndice 37.

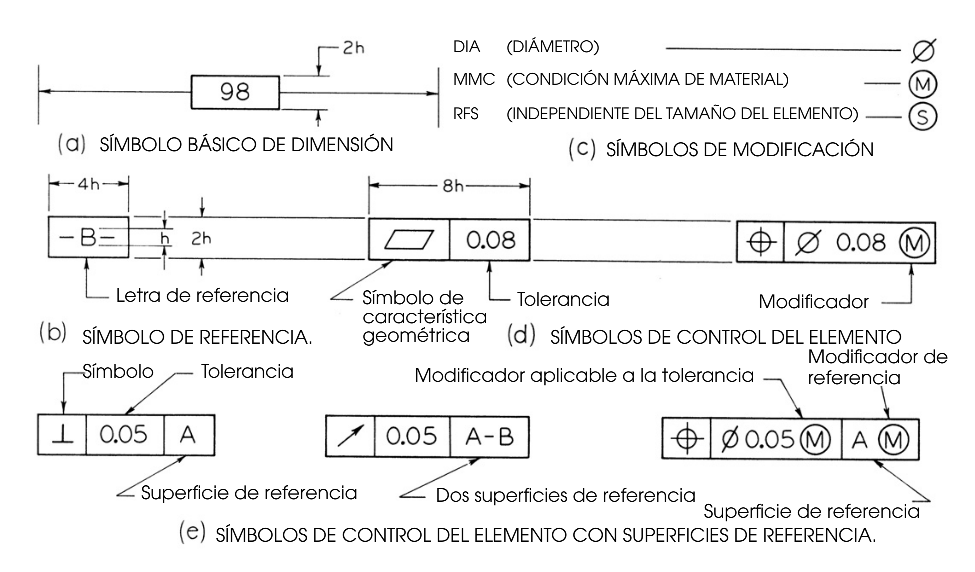
Símbolos de característica geométrica				**Símbolos modificadores**	
	Tipo de tolerancia	**Característica**	**Símbolo**	**Términos**	**Símbolo**
Para elementos individuales.	Forma	Rectitud	⏤	A condición máxima de material	Ⓜ
		Planicie o aplanamiento	⏥	A condición mínima de material	Ⓛ
		Circularidad (redondez)	○	Zona de tolerancia proyectada	Ⓟ
		Cilindricidad	⌭	Estado libre	Ⓕ
Para elementos individuales o relacionados	Perfil	Perfil de una línea	⌒	Plano tangente	Ⓣ
		Perfil de una superficie	⌓	Diámetro	Ø
Para elementos relacionados	Orientación	Angularidad	∠	Diámetro esférico	SØ
		Perpendicularidad	⊥	Radio	R
		Paralelismo	//	Radio esférico	SR
	Localización	Posición	⌖	Radio controlado	CR
		Concentricidad	◎	Referencia	( )
		Simetría	⌯	Longitud de arco	⌒
	Corrimiento	Corrimiento circular	↗*	Tolerancia estadística	⟨ST⟩
		Corrimiento total	⌰*	Entre	↔

* LAS PUNTAS DE FLECHA PUEDEN RELLENARSE O NO.

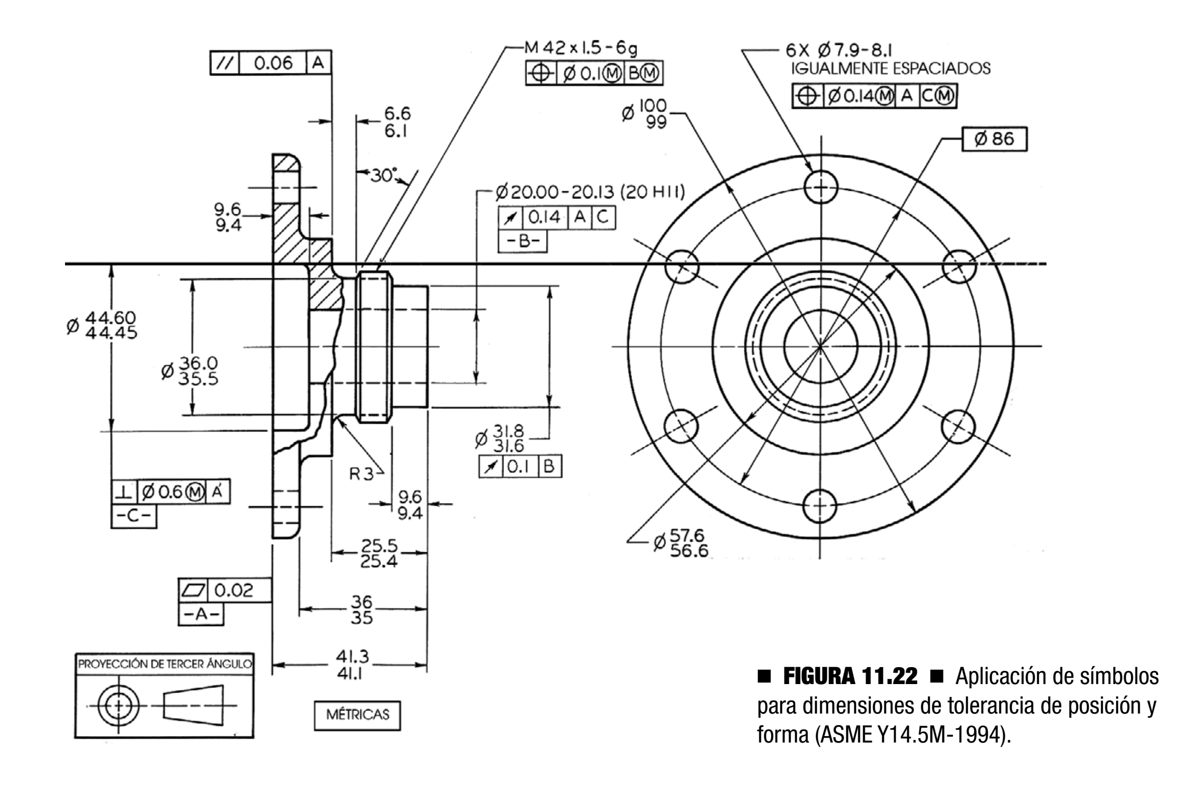
TABLA 11.4 ■ Símbolos de características geométricas y de modificación (ASME Y14.5M-1994).

La figura 11.21 presenta combinaciones de los diferentes símbolos y sus significados; la 11.22 ilustra la aplicación de los símbolos a un dibujo. Los símbolos de características geométricas más los símbolos complementarios se explican e ilustran a continuación con material adaptado de ANSI/ASME Y14.5M-1994:

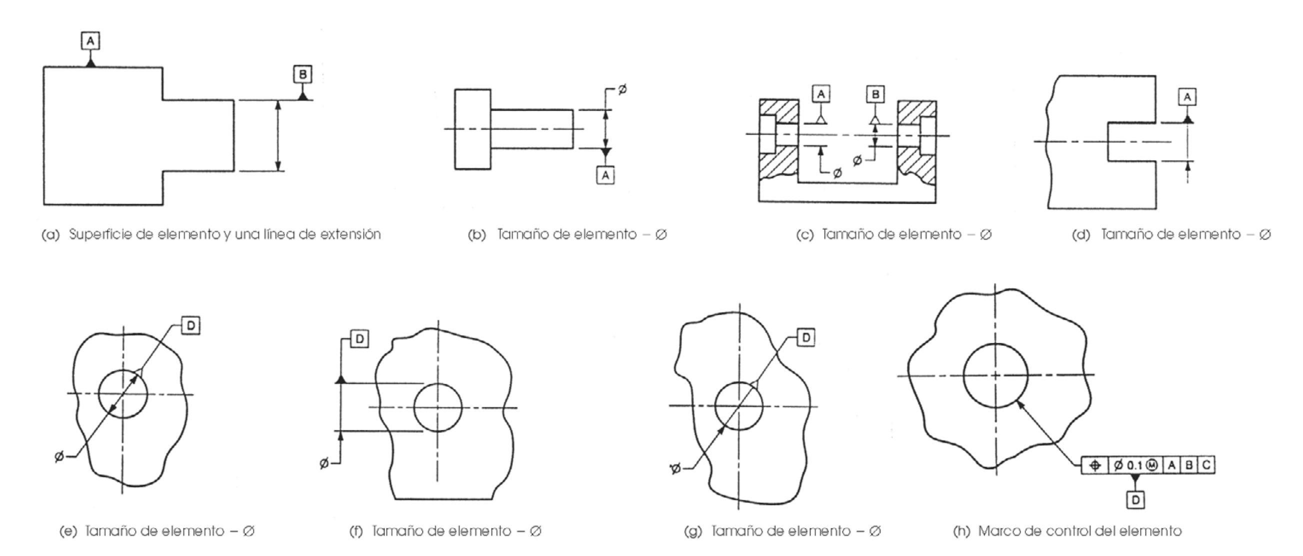
1. La figura 11.21 presenta combinaciones de los diferentes **símbolos básicos de dimensión** y sus significados; la 11.22 ilustra la aplicación de los símbolos a un dibujo. Los símbolos de características geométricas más los símbolos complementarios se explican e ilustran a continuación con material adaptado de ANSI/ASME Y14.5M-1994:
2. El ***símbolo de identificación de referencia*** consiste en una letra mayúscula dentro de un marco cuadrado y una línea de llamada que se extiende desde el mar-



■ **FIGURA 11.21** ■ Uso de símbolos para tolerancias de posición y forma (ASME Y14.5M-1994).



■ **FIGURA 11.22** ■ Aplicación de símbolos para dimensiones de tolerancia de posición y forma (ASME Y14.5M-1994).



■ **FIGURA 11.23** ■ Colocación de símbolo de referencia del elemento (ASME Y14.5M-1994).

co hasta el elemento en cuestión y termina en un triángulo. El triángulo no necesariamente puede estar rellenado (figura 11.21b). Las letras del alfabeto (excepto I, O y Q) se usan como identificación de la referencia. Cualquier punto, línea, plano, cilindro u otra forma geométrica que se supone será exacta para propósitos de cálculo puede servir como una referencia desde la cual puede establecerse la ubicación o la relación geométrica de los elementos de una parte (figura 11.23).

3. Los ***símbolos complementarios*** incluyen los símbolos para la MMC (condición máxima de material, o mínimo diámetro del orificio, máximo diámetro del eje) (figura 11.21c). Las abreviaturas MMC y LMC también se utilizan en notas (también vea la tabla 11.4).

   En el símbolo de control de un elemento, el símbolo para el diámetro precede a la tolerancia especificada (figura 11.21d). Este símbolo para el diámetro debe preceder a la dimensión. Para notas narrativas, puede usarse la abreviatura DIAM.

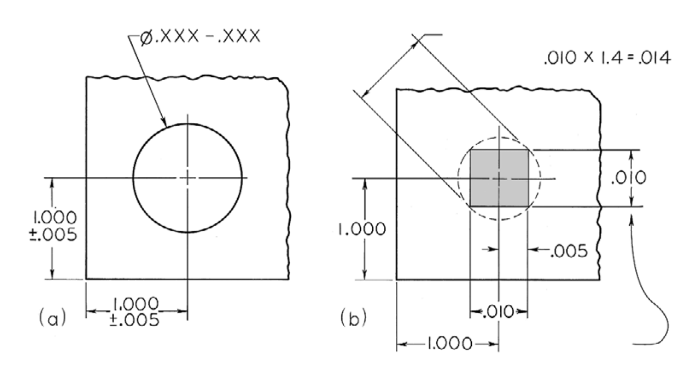
4. Los ***símbolos combinados*** se encuentran cuando se combinan símbolos individuales, letras de referencia y tolerancias requeridas en un solo marco (figura 11.21e).

   Una tolerancia de forma se expresa proporciona con un símbolo de control del elemento formado por un marco alrededor del símbolo de característica geométrica apropiado más la tolerancia permisible. Una línea vertical separa el símbolo y la tolerancia (figura 11.21d). Cuando es necesario, la tolerancia debe estar precedida por el símbolo para el diámetro y seguida por el símbolo para MMC o LMC.

   Una superficie de referencia se indica en el símbolo de control del elemento colocando la letra de referencia después del símbolo de la característica geométrica o la tolerancia. Las entradas están separadas por líneas verticales y, donde es aplicable, la entrada de la letra de referencia incluye el símbolo para MMC o LMC (figura 11.21).

11.16 ■ TOLERANCIAS POSICIONALES

La figura 11.24 muestra un orificio localizado en dos superficies formando ángulos rectos entre sí. En la figura 11.24, el centro puede caer en cualquier sitio dentro de una zona de tolerancia cuadrada, cuyos lados son iguales a las tolerancias. La variación total a lo largo de cualquier diagonal del cuadrado, mediante el método de coordenadas de dimensionamiento, será 1.4 veces más grande que



■ **FIGURA 11.24** ■ Zonas de tolerancia.

la tolerancia indicada. Cuando la ubicación del orificio está fuera en una dirección diagonal, el área cuadrada de la zona de tolerancia se incrementa en 57 por ciento sin exceder lo permitido.

Los elementos localizados mediante las dimensiones angulares y radiales con tolerancia tendrán una zona de tolerancia con forma de cuña.

Si cuatro orificios se dimensionan con coordenadas rectangulares, como en la figura 11.25a, al especificar una tolerancia se describe una zona cuadrada en la que el centro del orificio debe localizarse como se muestra en las figuras 11.25b y 11.25c. Debido a la forma cuadrada de la zona, la tolerancia para la localización del centro del orificio es más grande en la dirección diagonal que la tolerancia indicada.

En la figura 11.25a, se selecciona el orificio A como referencia, y los otros tres se localizan a partir de éste. La zona de tolerancia cuadrada para el orificio A resulta de las tolerancias en las dos dimensiones coordenadas rectangulares que ubican al orificio A. Los tamaños de las zonas de tolerancia para los otros tres orificios resultan de las que hay entre las perforaciones, mientras que sus localizaciones variarán de acuerdo con la ubicación real del orificio de referencia A. Las figuras 11.25b y 11.25c muestran dos de los muchos posibles patrones de zona.

Con las dimensiones mostradas en la figura 11.25a, resulta difícil decir si las partes resultantes realmente se ajustarán de manera satisfactoria con sus partes correspondientes, aunque se fabriquen conforme a las tolerancias mostradas en el dibujo.

Las tolerancias geométricas proporcionan un método para asignar tolerancias de manera exacta a los elementos, con base en su geometría y de forma que no surjan problemas en este aspecto. Las tolerancias geométricas usan marcos de control del elemento para definir la tolerancia geométrica específica (vea § 11.21). Esto se conoce como ***dimensionamiento de posición verdadera***. Mediante su utilización, la zona de tolerancia para cada orificio será un círculo cuyo tamaño dependerá de la cantidad de variación permitida desde la posición real.

Los símbolos de control del elemento se relacionan con éste mediante uno de los diferentes métodos ilustrados en la figura 11.22.

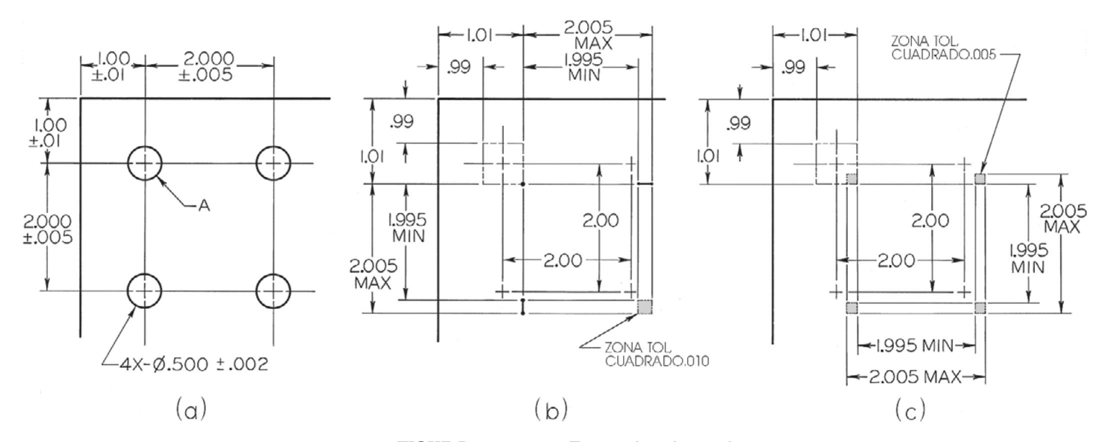
Se seleccionan los siguientes métodos:

1. Adición del símbolo a una nota o dimensión perteneciente al elemento.
2. Trazado de una llamada desde el símbolo hasta el elemento.
3. Conexión de un lado, un extremo o una esquina del marco del símbolo con una línea de extensión a partir del elemento.
4. Conexión de un lado o un extremo del marco del símbolo con una línea de dimensión perteneciente al elemento.

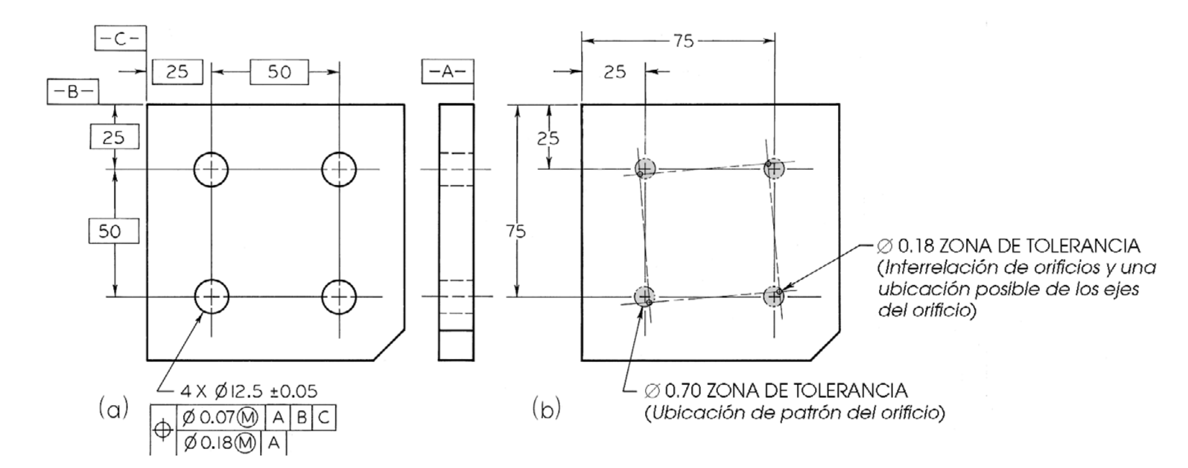
Una dimensión de posición real especifica la posición teóricamente exacta de un elemento. La localización de cada elemento, como un orificio, una ranura o un perno, se proporciona mediante *dimensiones básicas* sin tolerancia identificadas por medio del marco circundante o símbolo. Para evitar los malos entendidos, debe establecerse la posición real respecto a una referencia. En los arreglos simples, la selección de una referencia puede resultar obvia y no requerir identificación.

Las tolerancias de posición se indican en un marco de control del elemento conectado con un elemento del objeto y describen una zona cilíndrica para la tolerancia (figura 11.26). Esta zona de tolerancia cilíndrica tiene un diámetro igual a la tolerancia posicional, y su longitud es igual a la longitud del elemento (a menos que se especifique otra cosa). Su eje debe estar dentro del cilindro (figura 11.27):

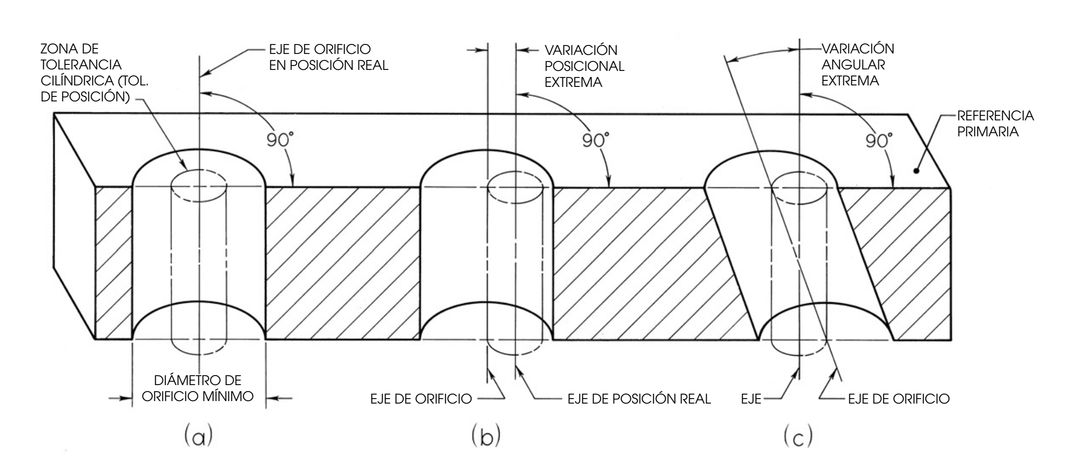
La línea central del orificio puede coincidir con la línea central de la zona de tolerancia cilíndrica (figura 11.27a). También puede ser paralela a la línea central de la zona de tolerancia pero desplazada, de manera que per-



■ **FIGURA 11.25** ■ Zonas de tolerancia.

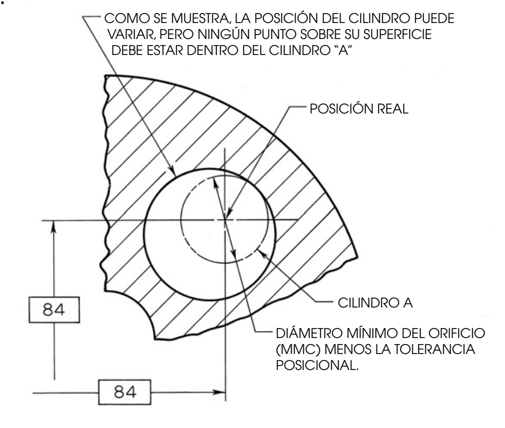


■ **FIGURA 11.26** ■ Dimensionamiento de posición verdadera [ANSI Y14.5M-1982 (R1988)].



■ **FIGURA 11.27** ■ Zona de tolerancia cilíndrica (ASME Y14.5M-1994).

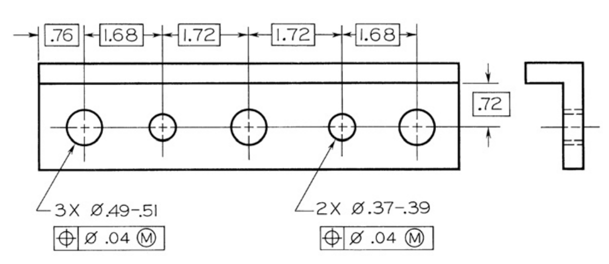
■ **FIGURA 11.28** ■ Interpretación de la posición real (ASME Y14.5M-1994).



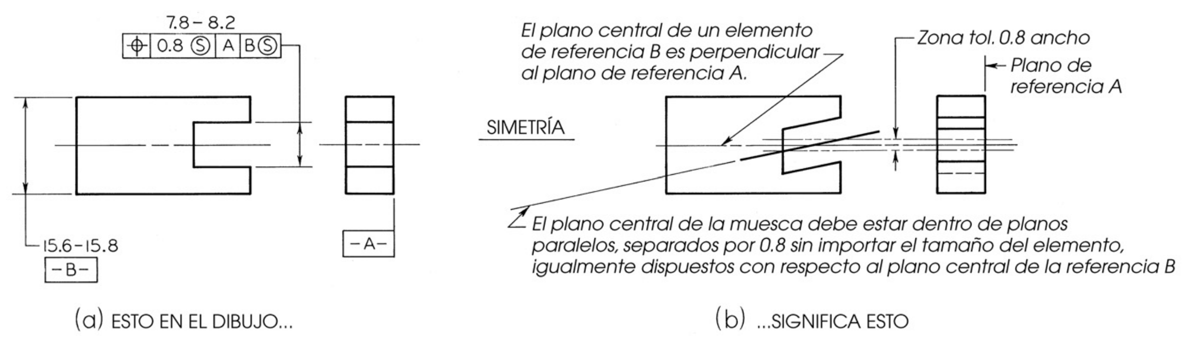
manezca dentro del cilindro de tolerancia (figura 11.27b). O puede estar inclinada siempre y cuando no se salga del cilindro de tolerancia (figura 11.27c). En este último caso, la tolerancia de posición también define los límites de variación de la cuadratura.

Como se muestra en la figura 11.28, la especificación de tolerancia posicional indica que todos los elementos sobre la superficie del orificio deben estar sobre o fuera de un cilindro cuyo diámetro es igual al diámetro mínimo o el diámetro máximo del orificio menos la tolerancia posicional (diámetro, o dos veces el radio). La línea central del cilindro debe estar localizado en posición verdadera.

El uso de dimensiones básicas sin tolerancia para ubicar elementos en posición real evita la acumulación de tolerancias, aun en una cadena de dimensiones, como puede observarse en la figura 11.29.



■ **FIGURA 11.29** ■ Sin acumulación de tolerancia.



■ **FIGURA 11.30** ■ Tolerancias de posición para simetría (ASME Y14.5M-1994).

Mientras que los elementos como orificios y copas pueden variar en cualquier dirección a partir del eje de posición verdadera, otros, como las muescas pueden variar hacia cualquier lado de un plano de posición verdadera (figura 11.30).

Como las ubicaciones exactas de las posiciones verdaderas están dadas por dimensiones sin tolerancia, resulta importante evitar que a éstas se les apliquen tolerancias generales. Con tal fin debe agregarse una nota al dibujo, como:

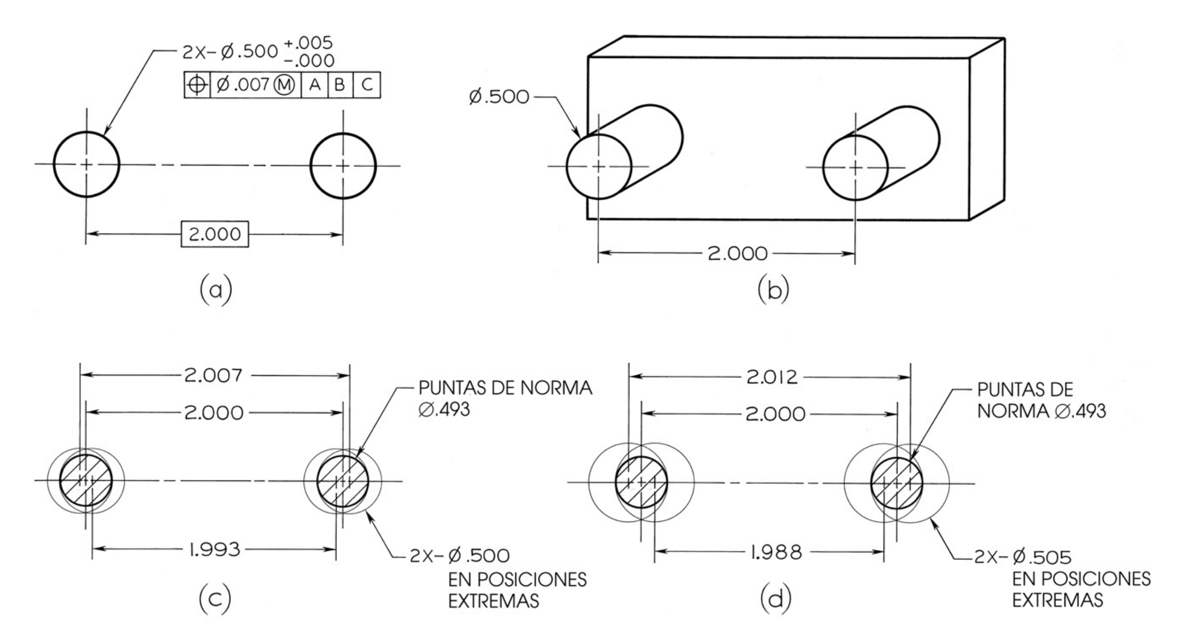
LAS TOLERANCIAS GENERALES NO
SE APLICAN A DIMENSIONES BÁSICAS

11.17 ■ CONDICIÓN MÁXIMA DE MATERIAL

La ***condición máxima de material***, o MMC, significa que un elemento de un producto terminado contiene la cantidad máxima de material permitida por las dimensiones con tolerancia correspondientes. Los orificios, las ranuras u otros elementos internos están en MMC cuando tienen el tamaño mínimo. Los ejes, almohadillas, copas y otros elementos externos están en MMC cuando tienen el tamaño máximo. Un elemento está en MMC para las dos partes correspondientes cuando el eje más grande está en el orificio más pequeño y existe la holgura mínima entre las partes.

Al asignar la tolerancia de posición a un orificio, considere los límites de tamaño del orificio. Si el orificio está en MMC, o su tamaño más pequeño, la tolerancia de posición no se ve afectada; si el orificio es más grande, la tolerancia posicional disponible es mayor. La figura 11.31a muestra dos orificios de media pulgada. Si éstos tienen un diámetro exacto de .500 pulg (MMC o tamaño más pequeño) y están separados exactamente por 2.000 pulg, una norma de dos puntas redondas de .500 pulg de diámetro fijas en una placa y separadas por 2.000 pulg (figura 11.31b), debe ajustarse a los orificios. Sin embargo, la distancia de centro a centro entre los orificios puede variar desde 1.993 pulg a 2.007 pulg.

Si los orificios de .500 pulg de diámetro están en sus posiciones extremas, como en la figura 11.31c, las puntas de la norma tendrían que ser .007 pulg más pequeñas, o tener un diámetro de .493 pulg, para ajustarse a los orificios. Si los hoyos de .500 pulg de diámetro estuvieran localizados en su máxima distancia de separación, las puntas de la norma de .493 pulg de diámetro harían contacto con los lados interiores de los orificios; si los agujeros estuvieran localizados en la distancia mínima de separación, las puntas de la norma de .493 pulg de diámetro harían contacto con los lados exteriores de los orificios, como se muestra en la figura. Si no se consideran las tolerancias para la norma, las puntas tendrían que ser de .493 pulg de diámetro y estar separadas exactamente por 2.000 pulg, siempre y cuando los orificios tuvieran .500 pulg de diámetro, o estuvieran en MMC.



■ **FIGURA 11.31** ■ Condiciones máxima y mínima de material —Patrón de dos orificios (ASME Y14.5M-1994).

Si los orificios tienen un diámetro de .505 pulg (es decir, están a tamaño máximo) las mismas puntas de la norma con .493 pulg de diámetro y separadas por 2.000 pulg se ajustarán colocando en contacto sus lados internos con los lados interiores de los agujeros, y sus lados externos con los lados exteriores de los orificios (figura 11.31d). Cuando los orificios son más grandes, éstos pueden estar más lejos y aun así ajustarse a las puntas. En este caso, pueden estar separados por 2.012 pulg, lo cual supera a la tolerancia permitida para la distancia de centro a centro entre los orificios. De manera similar, los agujeros pueden estar separados por una distancia tan pequeña como 1.988 pulg de centro a centro, lo que, de nuevo, está fuera de la tolerancia de posición especificada.

Entonces, cuando los orificios tienen el tamaño máximo se produce una tolerancia de posición más grande. Como todos los elementos pueden variar de tamaño, es necesario aclarar sobre el dibujo en cuál dimensión básica se aplica la posición real. Con excepción de unos cuantos casos excepcionales, cuando los orificios son más grandes la tolerancia de posición adicional está disponible sin afectar el funcionamiento. Éstos pueden ensamblarse con libertad ya sea que los orificios u otros elementos que estén dentro de la tolerancia de posición especificada o no. Esta práctica ha sido reconocida y utilizada en la manufactura durante muchos años, como resulta evidente por el uso de normas con puntas redondas, las cuales se utilizan comúnmente para inspeccionar partes y controlar la condición menos favorable del ensamble. Así, en la manufactura e inspección, se ha adoptado la práctica común de suponer que la tolerancia de posición se aplica en MMC y que las tolerancias posicionales mayores se vuelven permisibles cuando la parte no está en MMC.

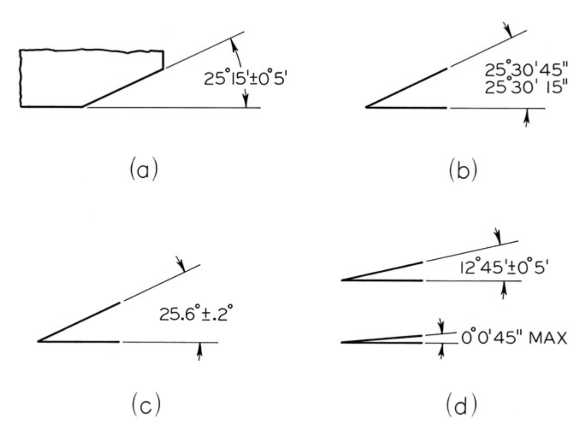
Para evitar posibles malas interpretaciones cuando se aplica la condición máxima de material (MMC), ésta debe establecerse con claridad en el dibujo al colocar símbolos de MMC en cada tolerancia aplicable o mediante una cobertura útil en un documento de referencia para el dibujo. Cuando la MMC no se especifica en el dibujo con referencia a una tolerancia individual, a una superficie de referencia o ambos, se aplican las siguientes reglas:

1. Las tolerancias de posición real y las superficies de referencia relacionadas se aplican en MMC. Para una tolerancia de posición, puede especificarse en el dibujo ITE (independiente del tamaño del elemento) respecto a la tolerancia individual, superficie de referencia, o ambos, cuando es aplicable.
2. Todas las tolerancias geométricas aplicables como las tolerancias de angularidad, paralelismo, perpendicularidad, concentricidad, y simetría, incluyendo las superficies de referencia relacionadas, se aplican en ITE, donde no se especifica ningún símbolo de modificación. El corrimiento circular, el corrimiento total, la concentricidad y la simetría son aplicables en condición ITE y no pueden modificarse a MMC o LMC. Ningún elemento de la parte real se extenderá más allá de la envoltura de la forma perfecta en MMC. Cuando se requiera, se deberá especificar en el dibujo MMC o LMC.

11.18 ■ TOLERANCIAS DE ÁNGULOS

Generalmente, a los ángulos se les asignan tolerancias bilaterales (figura 11.32). Cuando se utilizan tolerancias bilaterales, la zona de tolerancia con forma de cuña se incrementa conforme aumenta la distancia desde el vértice del ángulo. El uso de tolerancias angulares puede evitarse mediante el uso de normas. A menudo, el torneado de puntas se maneja mediante el maquinado para ajustarse a una norma o por medio del ajuste a la parte correspondiente.

Si una superficie angular se localiza mediante una dimensión lineal y una angular (figura 11.33a), la superficie debe pertenecer a una zona de tolerancia (figura 11.33b). La zona angular será más ancha a medida que aumente la distancia desde el vértice. Para evitar la acumulación de tolerancia más allá del vértice del ángulo, se recomienda el ***método básico para asignar tolerancias a los ángulos***, el cual se presenta en la figura 11.33c (ASME Y14.5M-1994). El ángulo se indica como una dimensión básica, y no se especifica ninguna tolerancia angular. Ahora, la zona de tolerancia está definida por dos planos paralelos, que resultan en un mejor control angular (figura 11.33d).

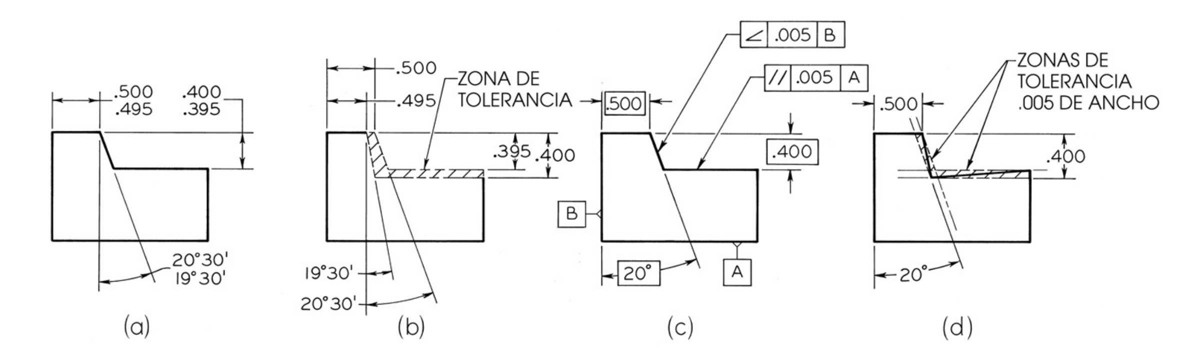


■ **FIGURA 11.32** ■ Tolerancias de ángulos.

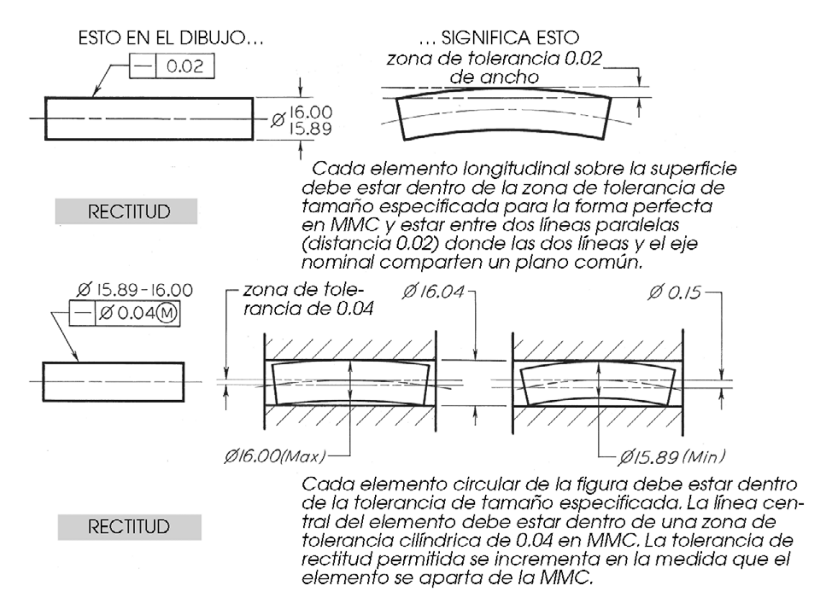
11.19 ■ TOLERANCIAS DE FORMA PARA UN SOLO ELEMENTO

La rectitud, la planicie, la cilindricidad y, en algunos casos, el perfil son tolerancias de forma aplicables a un solo elemento sin importar el tamaño del elemento.

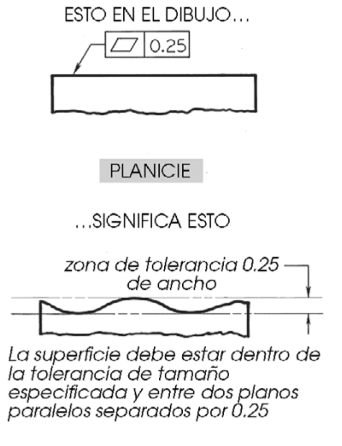
1. ***Tolerancia de rectitud***. Se muestra en la figura 11.34: especifica una zona de tolerancia a la cual debe pertenecer un eje o todos los puntos del elemento considerado. La rectitud es una condición en la que un elemento o un eje de una superficie es una línea recta.
2. ***Tolerancia de planicie***. Especifica una zona de tolerancia definida por dos planos paralelos a la cual debe pertenecer la superficie (figura 11.35). La planicie es la condición de una superficie que tiene todos los elementos en un plano.



■ **FIGURA 11.33** ■ Zonas de tolerancia angular (ASME Y14.5M-1994).

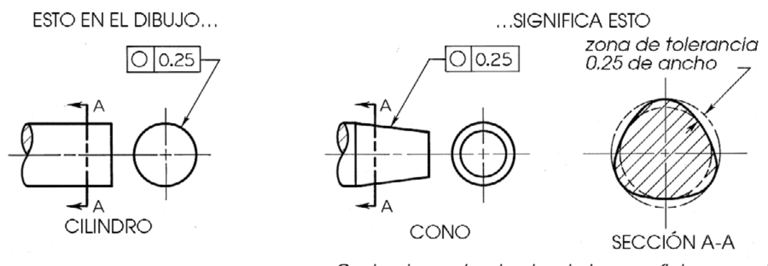


■ **FIGURA 11.34** ■ Especificación de rectitud (ASME Y14.5M-1994).



■ **FIGURA 11.35** ■ Especificación de planicie (ASME Y14.5M-1994).

3. ***Tolerancia de redondez (circularidad)***. Especifica una zona de tolerancia delimitada por dos círculos concéntricos dentro de la cual deben estar todos los elementos circulares del elemento (figura 11.36). La redondez es una condición de una superficie de revolución en la cual, para un cono o cilindro, todos los puntos de la superficie intersectados por algún plano perpendicular a un eje común son equidistantes de dicho eje. Para una esfera, todos los puntos de la superficie intersectados por cualquier plano que pasa a través de un centro común son equidistantes de dicho centro.



■ **FIGURA 11.36** ■ Especificación de redondez para un cilindro o cono (ASME Y14.5M-1994).

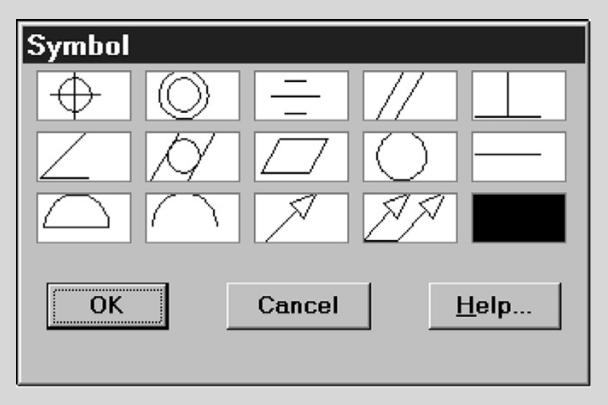
Nota sobre Gráficos

Tolerancias geométricas con AutoCAD 2004

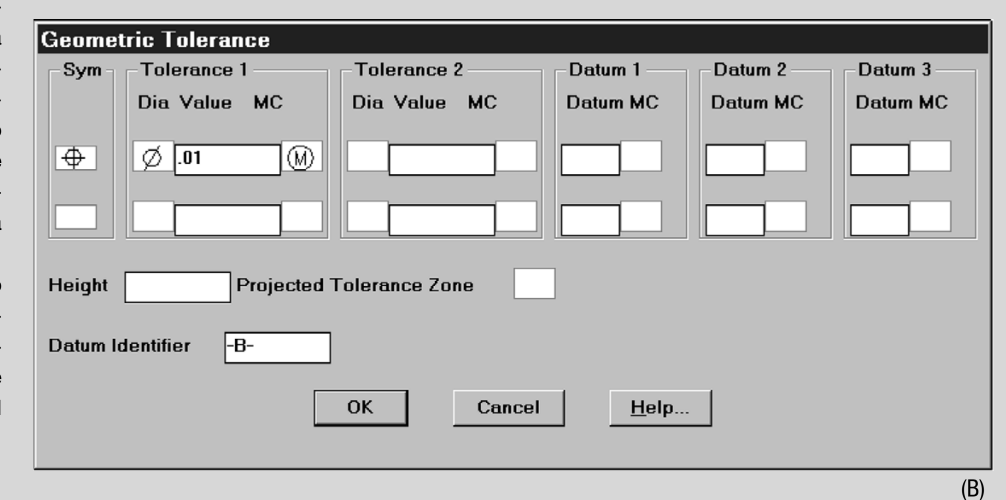
AutoCAD 2004 tiene cuadros de diálogo que permiten la creación de marcos de control del elemento para el dimensionamiento y la asignación de tolerancias geométricas. Si selecciona el icono de tolerancia de la barra de herramientas para el dimensionamiento, aparece en pantalla el cuadro de diálogo que se muestra en la figura A y se muestran los símbolos estándar de tolerancia.

Para comenzar a crear un marco de control del elemento, haga doble clic sobre el símbolo que desee utilizar. Por ejemplo, puede hacer doble clic sobre el símbolo de tolerancia posicional que se muestra en la esquina superior izquierda del cuadro de diálogo. Después de seleccionar un símbolo, aparecerá en pantalla un nuevo cuadro de diálogo, que se muestra en la figura B. Este cuadro se utiliza para crear un solo marco de control del elemento o una serie de marcos de control. También puede agregar símbolos de diámetro, modificadores, referencias o identificadores de referencia. El símbolo de diámetro mostrado en el cuadro de diálogo de tolerancia geométrica se agregó al seleccionar el encabezado “Dia” en el cuadro vacío de abajo. De manera automática aparece un símbolo de diámetro. El área a la derecha del símbolo de diámetro es un cuadro de entrada de texto que se utiliza para introducir el valor que se desea mostrar para la tolerancia.

Para agregar un símbolo modificador, seleccione el siguiente cuadro vacío a la derecha: aparece el cuadro de diálogo de condición material (figura C).



(A)

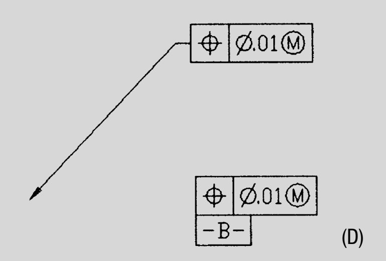


(B)

Material Condition

OK Cancel Help...

(C)

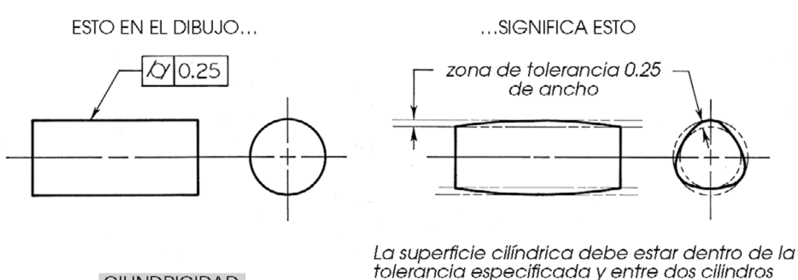


(D)

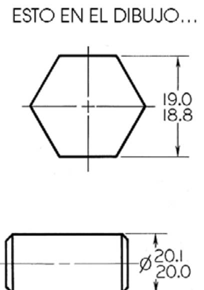
Puede crear referencias rápidamente seleccionando el cuadro apropiado e introduciendo la letra que desee utilizar. Las referencias también pueden tener un modificador cuando se emplean con ciertos tipos de tolerancias. De nuevo, sólo tiene que seleccionar el cuadro vacío abajo del modificador y usar el cuadro de diálogo que aparece para agregar un símbolo.

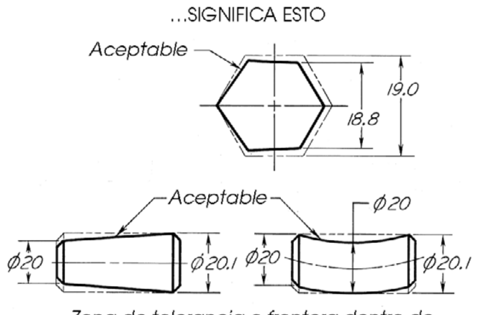
Si desea establecer un conjunto de tolerancias o un identificador de referencia, puede continuar con el mismo procedimiento básico. Cuando selecciona OK al final del proceso, se le solicita elegir una ubicación para colocar la tolerancia en el dibujo (también puede utilizar el comando de llamada y seleccionar la opción para colocar una tolerancia en el extremo de una línea de llamada). Por medio de estos cuadros de diálogo, puede agregar símbolos de tolerancia rápidamente a los dibujos, como la figura D lo muestra. La creación de símbolos es fácil pero debe tener cuidado al colocar los símbolos en el dibujo. Es necesario asegurar una representación exacta del diseño y de las tolerancias requeridas para que la parte funcione correctamente en el ensamble. La especificación de tolerancias innecesariamente restrictivas incrementa el costo de la parte pero no agrega funcionalidad al diseño.

4. ***Tolerancia de cilindricidad***, especifica una zona de tolerancia delimitada por dos cilindros concéntricos dentro de los cuales debe estar la superficie (figura 11.37). Esta tolerancia se aplica tanto a los elementos circulares como a los longitudinales de toda la superficie. La cilindricidad es una condición de una superficie de revolución en la que todos los puntos de la superficie son equidistantes de un eje común. Cuando no se da tolerancia de forma, pueden existir muchas formas dentro de una zona de tolerancia (figura 11.38).
5. ***Tolerancia de perfil***. Especifica una frontera uniforme o zona a lo largo del perfil verdadero dentro de la cual

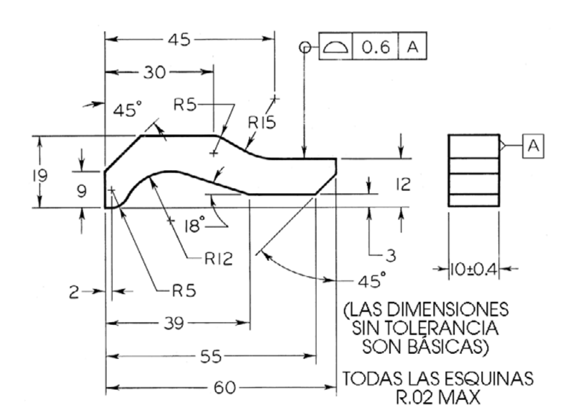


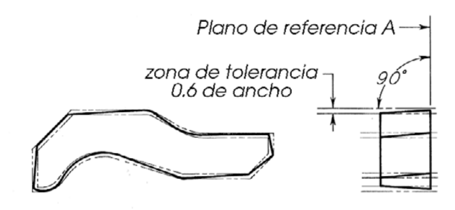
■ **FIGURA 11.37** ■ Especificación de cilindricidad (ASME Y14.5M-1994).





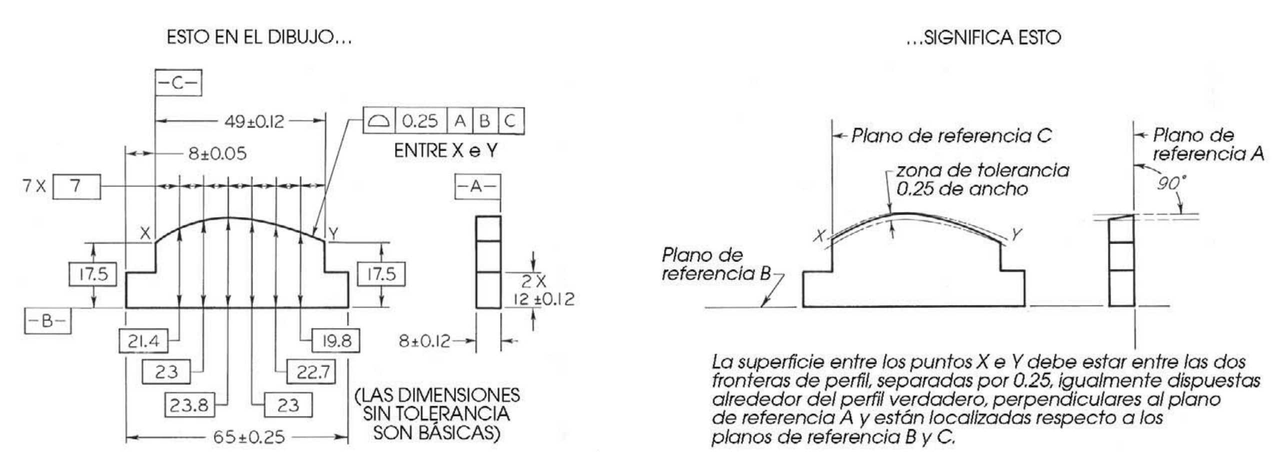
■ **FIGURA 11.38** ■ Variaciones aceptables de forma cuando no se especifica tolerancia de forma.





Todas las superficies circundantes deben estar entre dos fronteras paralelas, separadas 0.6, igualmente dispuestas alrededor del perfil verdadero y perpendiculares al plano de referencia A. Los radios de las esquinas de la parte no deben ser mayores a 0.2.

■ **FIGURA 11.39** ■ Especificación del perfil de una superficie circundante (ASME Y14.5M-1994).



■ **FIGURA 11.40** ■ Especificación del perfil de una superficie entre dos puntos (ASME Y14.5M-1994).

deben estar todos los elementos de la superficie (figuras 11.39 y 11.40). Un perfil es el contorno de un objeto en un plano dado, o figura bidimensional. Los perfiles se forman al proyectar una figura tridimensional sobre un plano o al tomar secciones cruzadas a través de la figura; el perfil resultante se compone de elementos como líneas rectas, arcos u otras líneas curvas.

11.20 ■ TOLERANCIAS DE FORMA PARA ELEMENTOS RELACIONADOS

La angularidad, el paralelismo, la perpendicularidad y, en algunos casos, el perfil son tolerancias de forma aplicables a elementos relacionados. Estas tolerancias controlan la postura de los elementos entre sí (ASME Y14.5M-1994).

1. La tolerancia de angularidad que se muestra en la figura 11.41 especifica una zona de tolerancia definida por dos planos paralelos en un ángulo específico (distinto de 90 grados), a partir de un plano de referencia o eje, dentro del cual debe descansar la superficie o el eje del elemento.
2. La tolerancia de paralelismo mostrada en las figuras 11.42 a la 11.44 especifica una zona de tolerancia definida por dos planos paralelos o líneas paralelas a un plano de referencia o un eje, respectivamente; dentro de esta zona debe descansar la superficie o el eje del

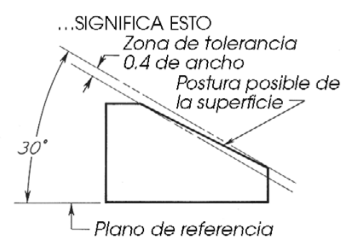
ESTO EN EL DIBUJO…

∠ 0.4 A

30°

–A–

…SIGNIFICA ESTO

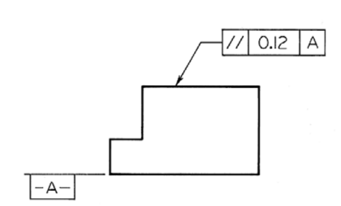


ANGULARIDAD

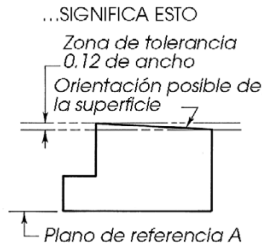
La superficie debe estar dentro de la tolerancia de tamaño especificada y debe estar entre dos planos paralelos separados por 0.4 pulg, los cuales están inclinados 30° respecto al plano de referencia A.

■ **FIGURA 11.41** ■ Especificación de angularidad para una superficie plana (ASME Y14.5M-1994).





…SIGNIFICA ESTO

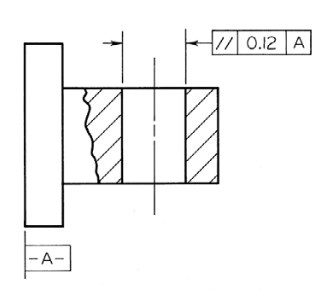


PARALELISMO

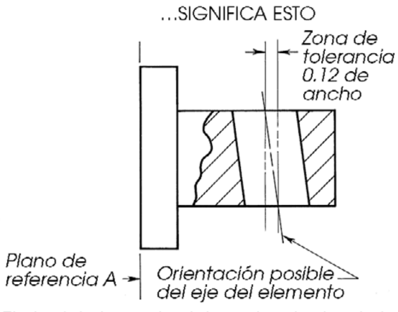
La superficie debe estar dentro de la tolerancia de tamaño especificada y entre dos planos separados por 0.12 pulg, los cuales son paralelos al plano de referencia A.

■ **FIGURA 11.42** ■ Especificación de paralelismo para una superficie plana (ASME Y14.5M-1994).

ESTO EN EL DIBUJO…



…SIGNIFICA ESTO

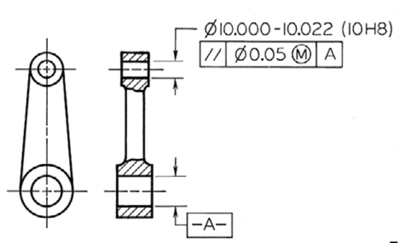


PARALELISMO

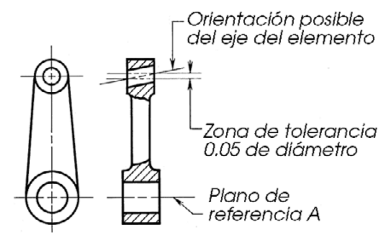
El eje del elemento debe estar dentro de la tolerancia de tamaño especificada y entre dos planos separados por 0.12, los cuales son paralelos al plano de referencia, sin importar el tamaño del elemento.

■ **FIGURA 11.43** ■ Especificación de paralelismo para el eje de un elemento RFS (ASME Y14.5M-1994).

ESTO EN EL DIBUJO…



…SIGNIFICA ESTO



PARALELISMO

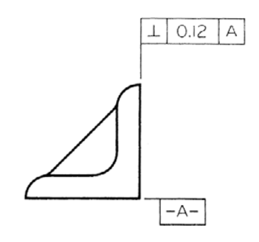
El eje del elemento debe estar dentro de la tolerancia de localización especificada. Donde el elemento está en condición máxima de material (10.00), la tolerancia de paralelismo máxima de un diámetro de 0.05. Cuando el elemento se separa del tamaño en MMC, se permite un incremento de la tolerancia de paralelismo igual al tamaño de dicha separación.

■ **FIGURA 11.44** ■ Especificación de paralelismo para el eje de un elemento en MMC (ASME Y14.5M-1994).

elemento. También, la tolerancia de paralelismo puede especificar una zona de tolerancia cilíndrica paralela a un eje de referencia dentro de la cual debe descansar el eje del elemento.

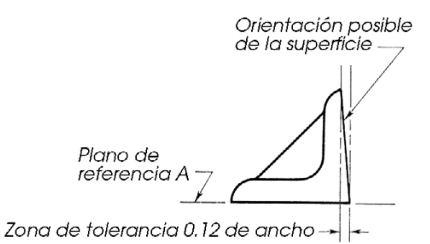
3. La tolerancia de perpendicularidad. Es la condición de una superficie, el plano mediano o un eje que se encuentra a 90 grados de un plano o eje de referencia. Una tolerancia de perpendicularidad especifica uno de los siguientes aspectos:
   (a) Una zona de tolerancia está definida por dos planos paralelos perpendiculares a un plano de referencia, eje de referencia o eje dentro del cual debe descansar la superficie del elemento (figura 11.45).
   (b) Una zona de tolerancia cilíndrica perpendicular a un plano de referencia dentro de la cual debe descansar el eje del elemento (figura 11.46).

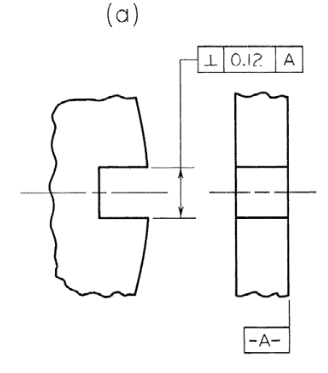
4. La tolerancia de concentricidad. Es la condición en la cual los ejes de todos los elementos de una sección cruzada de la superficie de un elemento de revolución son comunes al eje de un elemento de referencia. Una tolerancia de concentricidad especifica una zona de tolerancia cilíndrica cuyo eje coincide con un eje de referencia y dentro de la cual deben caer todos los ejes de sección cruzada del elemento que se pretende controlar (figura 11.47).



PERPENDICULARIDAD PARA UNA SUPERFICIE PLANA

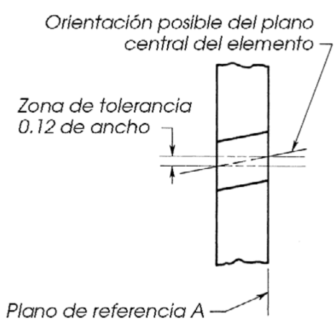
(a)

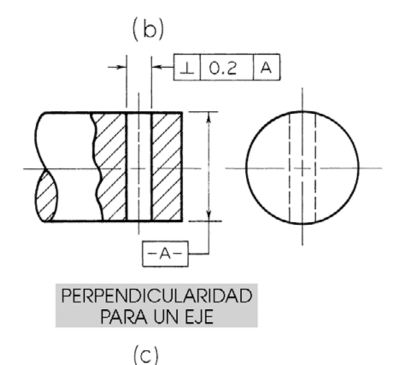




PERPENDICULARIDAD PARA UN PLANO MEDIANO

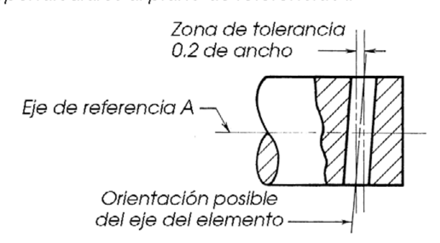
(b)





PERPENDICULARIDAD PARA UN EJE

(c)



■ **FIGURA 11.45** ■ Especificación de perpendicularidad (ASME Y14.5M-1994).

11.21 ■ UTILIZACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO Y LA TOLERANCIA GEOMÉTRICOS

El dimensionamiento y la tolerancia geométricos (DTG) han evolucionado a través de los últimos cuarenta años hasta convertirse en una herramienta indispensable para definir partes y elementos con mayor precisión. DTG no sólo considera una parte individual y sus dimensiones y tolerancias, sino también vistas en relación con sus elementos. Esto permite que el diseñador tenga más libertad para definir las partes con mayor precisión al considerar no sólo las dimensiones de las mismas, sino también sus tolerancias en la etapa de diseño inicial. DTG también simplifica el proceso de inspección. Esto se logra mediante el uso de estándares ASME (ASME-Y14.5M), como se mencionó anteriormente.

Las partes y los componentes manufacturados individualmente deben ensamblarse en algún momento para formar productos. Se deberá garantizar que cada parte de una cortadora de césped, por ejemplo, se acoplará con el resto de manera adecuada: las ruedas entrarán en sus ejes, los pistones se ajustarán de manera adecuada en sus cilindros, el motor se sujetará firmemente a la armazón, etcétera. Ninguno de los elementos debe estar muy suelto o demasiado apretado.

Por lo tanto, el dimensionamiento y la tolerancia geométricos es importante tanto para el proceso de diseño como para el de manufactura.

La aplicación de los principios de DTG al proceso de diseño requiere cinco pasos:

Paso 1: Definir las funciones de las partes. Lo mejor es dividir la parte en sus funciones más simples, especificando tanto como sea posible. Por ejemplo, las funciones de las ruedas de una cortadora de césped son proporcionar la movilidad del producto, levantar la cubierta de la cortadora del nivel del suelo, agregar rigidez al cuerpo, etcétera.

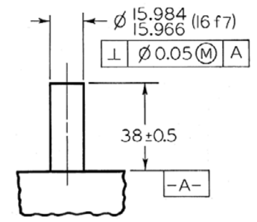
Paso 2: Ordene las funciones por prioridad. Sólo una función debe tener la prioridad máxima. Este paso puede resultar difícil puesto que muchas partes están diseñadas para incorporar múltiples funciones. En el ejemplo de las ruedas de la cortadora de césped, la función con la prioridad máxima será darle movilidad al producto.

Paso 3: Defina el marco de referencia. Este paso puede basarse en la lista de prioridades y puede implicar la creación de varios marcos de referencia, cada uno de ellos basado en una prioridad de la vista. El marco debe establecerse en uno, dos o tres planos.

Paso 4: Selección del control. En la mayoría de los casos, se necesitarán varios controles (por ejemplo, corrimiento, posición, concentricidad, rugosidad, etcétera). Comience con el control más simple, es decir, el menos restrictivo. En este sentido, del menos restrictivo al más restrictivo.

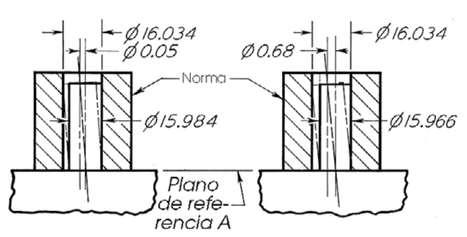
Paso 5: Calcule las tolerancias. La mayoría de las tolerancias tienen una base matemática, por lo que este paso debe ser el más fácil. Aplique MMC, RFS o LMC donde sea adecuado. Evite realizar este paso al principio; siempre debe ser el último. Vea, en la figura 11.48, una hoja de trabajo en la que se siguen estos cinco pasos.





PERPENDICULARIDAD

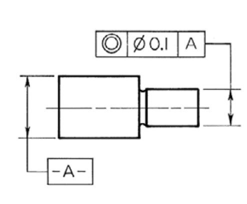
...SIGNIFICA ESTO



El eje del elemento debe estar dentro de la tolerancia de localización especificada. Donde el elemento está en MMC (15.984), la tolerancia de perpendicularidad máxima es de un diámetro de 0.05. Cuando el elemento se separa de su tamaño en MMC, se permite un incremento de la tolerancia de perpendicularidad igual al tamaño de dicha separación.

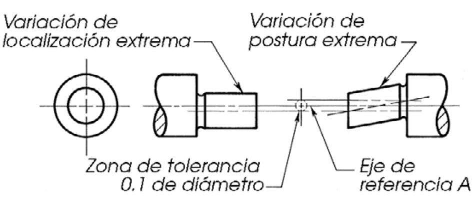
■ **FIGURA 11.46** ■ Especificación de perpendicularidad para un eje, perno o copa (ASME Y14.5M-1994).

ESTO EN EL DIBUJO...



CONCENTRICIDAD

...SIGNIFICA ESTO



El eje del elemento debe estar dentro de una zona cilíndrica con 0.1 pulg de diámetro, sin importar el tamaño del elemento, y cuyo eje coincide con el eje de referencia.

■ **FIGURA 11.47** ■ Especificación de concentricidad (ASME Y14.5M-1994).

Por lo general, los programas de CAD permiten al usuario agregar tolerancias a los valores de dimensión en los dibujos. Los símbolos de dimensionamiento y tolerancia geométricos, las marcas finales y otros símbolos estándar casi siempre están disponibles como una parte del programa de CAD o como una utilería.

El dimensionamiento y la tolerancia geométricos se han convertido en una parte esencial de la industria manufacturera actual. Para competir en el mercado de hoy, se pide a las compañías el desarrollo y la producción de artículos con la calidad más alta y al menor costo, y garantizar su entrega a tiempo. Aunque está considerado por la mayoría como un lenguaje de especificación del diseño, DTG también es un lenguaje de manufactura e inspección, lo que proporciona un medio para la interpretación uniforme y la comprensión entre los distintos grupos implicados. Además, proporciona una base para contratos nacionales e internacionales entre clientes y proveedores.

11.22 ■ GRÁFICOS DE COMPUTADORA

Por lo general, los programas de CAD permiten al usuario agregar tolerancias para dimensionar valores en los dibujos. Casi siempre, los símbolos de dimensionamiento y tolerancia, las marcas finales, y otros símbolos estándar están disponibles como una parte del programa de CAD o como una utilería.

■ **FIGURA 11.48** ■ Hoja de trabajo para el dimensionamiento y la tolerancia geométrica en el diseño.

1. DEFINA LA FUNCIÓN DE LA PARTE (DEL ELEMENTO).

Función básica. ______________________________

____

Funciones adicionales. ______________________________

____

2. ENUMERE LAS FUNCIONES EN ORDEN DE PRIORIDAD.

Función# __________ Función# __________ Función# __________

3. DEFINA EL MARCO DE REFERENCIA.

Parte # ______________ Función ______________
Elemento de referencia primario ______ Elemento de referencia secundario ______

Parte # ______________ Función ______________
Elemento de referencia primario ______ Elemento de referencia secundario ______

Parte # ______________ Función ______________
Elemento de referencia primario ______ Elemento de referencia secundario ______

4. SELECCIONE EL TIPO DE CONTROL

Parte #______________ Parte # ______________
Control ______________ Control ______________

5. CALCULE LAS TOLERANCIAS

Parte # __________ Parte # __________ Parte # __________

____

PALABRAS CLAVE

AJUSTE DE HOLGURA
AJUSTE DE INTERFERENCIA
AJUSTE DE INTERFERENCIA
AJUSTE DE LÍNEA
AJUSTE DE TRANSICIÓN
AJUSTE DE TRANSICIÓN
CONDICIÓN MÁXIMA DE MATERIAL
DESVIACIÓN
DESVIACIÓN FUNDAMENTAL
DESVIACIÓN INFERIOR
DESVIACIÓN SUPERIOR
DIMENSIÓN BÁSICA
DIMENSIÓN DE REFERENCIA
DIMENSIONAMIENTO DE POSICIÓN VERDADERA
DIMENSIONAMIENTO DE UN SOLO LÍMITE
DIMENSIONAMIENTO LÍMITE
DIMENSIONAMIENTO MÁS-MENOS
DIMENSIONAMIENTO Y TOLERANCIA GEOMÉTRICOS (DTG)
DIMENSIONES LÍMITE
DIMENSIONES BÁSICAS
ENSAMBLE SELECTIVO
GRADO DE TOLERANCIA INTERNACIONAL (TI)
MARGEN
MÉTODO BÁSICO DE ASIGNACIÓN DE TOLERANCIA PARA UN ÁNGULO
SÍMBOLO DE DIMENSIÓN BÁSICO
SÍMBOLO DE IDENTIFICACIÓN DE REFERENCIA
SÍMBOLOS COMBINADOS
SÍMBOLOS COMPLEMENTARIOS
SÍMBOLOS DE CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA
SÍMBOLOS DE TOLERANCIA
SISTEMA DE AJUSTES PREFERIDOS CON BASE EN EL EJE
SISTEMA DE AJUSTES PREFERIDOS CON BASE EN EL ORIFICIO
SISTEMA DE EJE BÁSICO
SISTEMA DE ORIFICIO BÁSICO
SISTEMA DE TOLERANCIA BILATERALES
SISTEMA DE TOLERANCIA UNILATERAL
TAMAÑO BÁSICO
TAMAÑO NOMINAL
TAMAÑO REAL
TOLERANCIA
TOLERANCIA DE ANGULARIDAD
TOLERANCIA DE CILINDRICIDAD
TOLERANCIA DE CONCENTRICIDAD
TOLERANCIA DE PARALELISMO
TOLERANCIA DE PERFIL
TOLERANCIA DE PERPENDICULARIDAD
TOLERANCIA DE PLANICIE
TOLERANCIA DE RECTITUD
TOLERANCIA DE REDONDEZ (CIRCULARIDAD)
TOLERANCIAS ANGULARES
TOLERANCIAS GENERALES
TOLERANCIAS GEOMÉTRICAS
ZONA DE TOLERANCIA

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- El dimensionamiento de tolerancia describe los límites máximo y mínimo para el tamaño o la localización de un elemento.
- Existen varias formas de dimensionar tolerancias, que incluyen dimensiones límite, tolerancias unilaterales, tolerancias bilaterales y tolerancias geométricas.
- Los sistemas de tolerancia de orificio básico son los más utilizados porque suponen que el orificio tiene un tamaño nominal y ajustan el eje para cumplir con la tolerancia.
- La cantidad de espacio entre dos partes correspondientes en condición máxima de material se llama margen.
- Se dice que las partes correspondientes con grandes márgenes tienen un ajuste de holgura o un ajuste de corrimiento y deslizamiento.
- Se dice que las partes correspondientes con márgenes negativos tienen un ajuste de interferencia o un ajuste forzado.
- Las partes correspondientes se diseñan de acuerdo con un tamaño nominal y una clase de ajuste. A partir de estos dos valores, se calculan otras tolerancias.
- Las partes de alta calidad se dimensionan a menudo con tolerancias geométricas para asegurar que el tamaño, la forma y las características geométricas relativas se definan de manera adecuada.
- DTG se ha convertido en parte esencial de la industria manufacturera actual. DTG no es sólo un lenguaje de diseño sino también un lenguaje de inspección.

PREGUNTAS DE REPASO

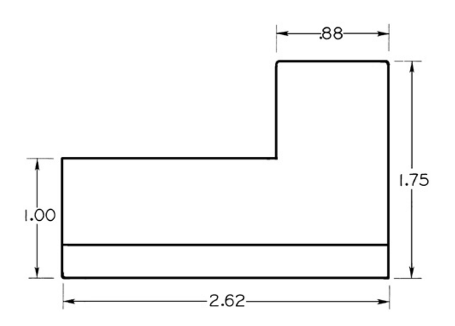
1. ¿Qué significan los dos números de una dimensión límite?
2. Dibuje tres diferentes tolerancias geométricas que hagan referencia a un elemento. Etiquete la información en cada cuadro.
3. ¿Por qué el sistema del orificio básico es más común que el sistema del eje básico?
4. Proporcione cinco ejemplos de tamaños nominales en la vida diaria. ¿Cuál es el propósito de un número nominal?
5. Proporcione un ejemplo de dos partes que proporcionarían un ajuste de corrimiento y deslizamiento; proporcione otro de un ajuste de fuerza.
6. Mencione cinco clases de ajuste.
7. ¿Una parte puede tener un margen? ¿Por qué?
8. ¿Dos partes pueden tener una tolerancia? ¿Por qué?
9. Proporcione un ejemplo de la forma en que DTG puede utilizarse como herramienta de diseño o herramienta de inspección.
10. Mencione los cinco pasos requeridos para aplicar DTG al proceso de diseño.

PROYECTO DE DISEÑO

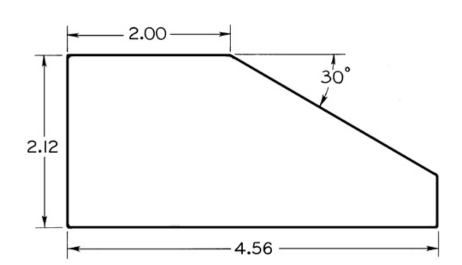
Diseñe un sistema que se acoplará a la cubierta de una mesa de madera o escritorio estándar para contener un teclado de computadora. El sistema debe permitir al usuario guardar el teclado debajo de la superficie de la mesa cuando no se utilice. Proporcione un medio para evitar que el cable del teclado se enrede o quede atrapado. Incluya dimensionamiento y tolerancias detallados.

PROYECTOS DE TOLERANCIAS

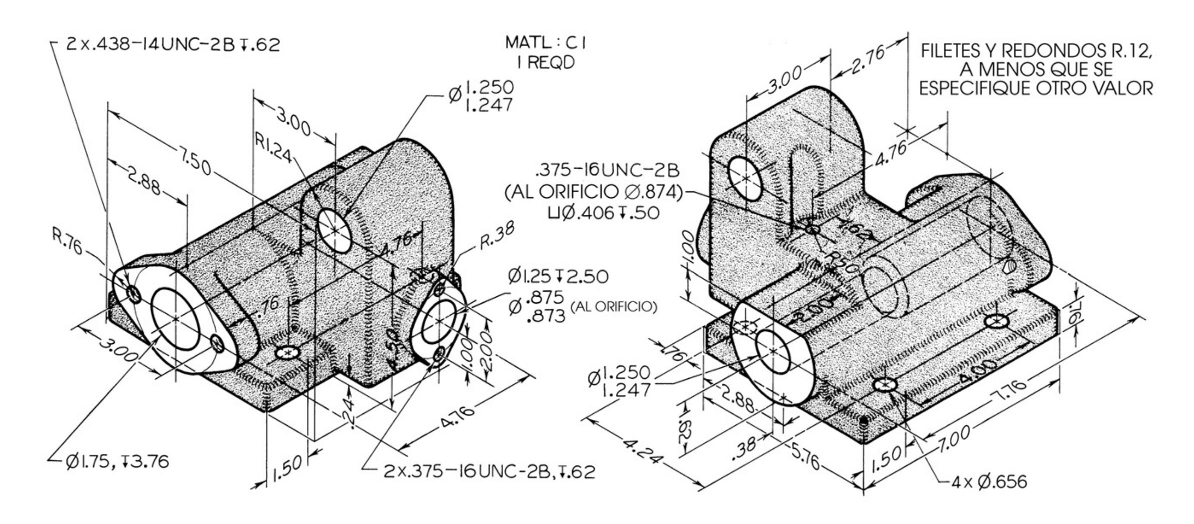
Vea las figuras de la 11.49 a la 11.53.



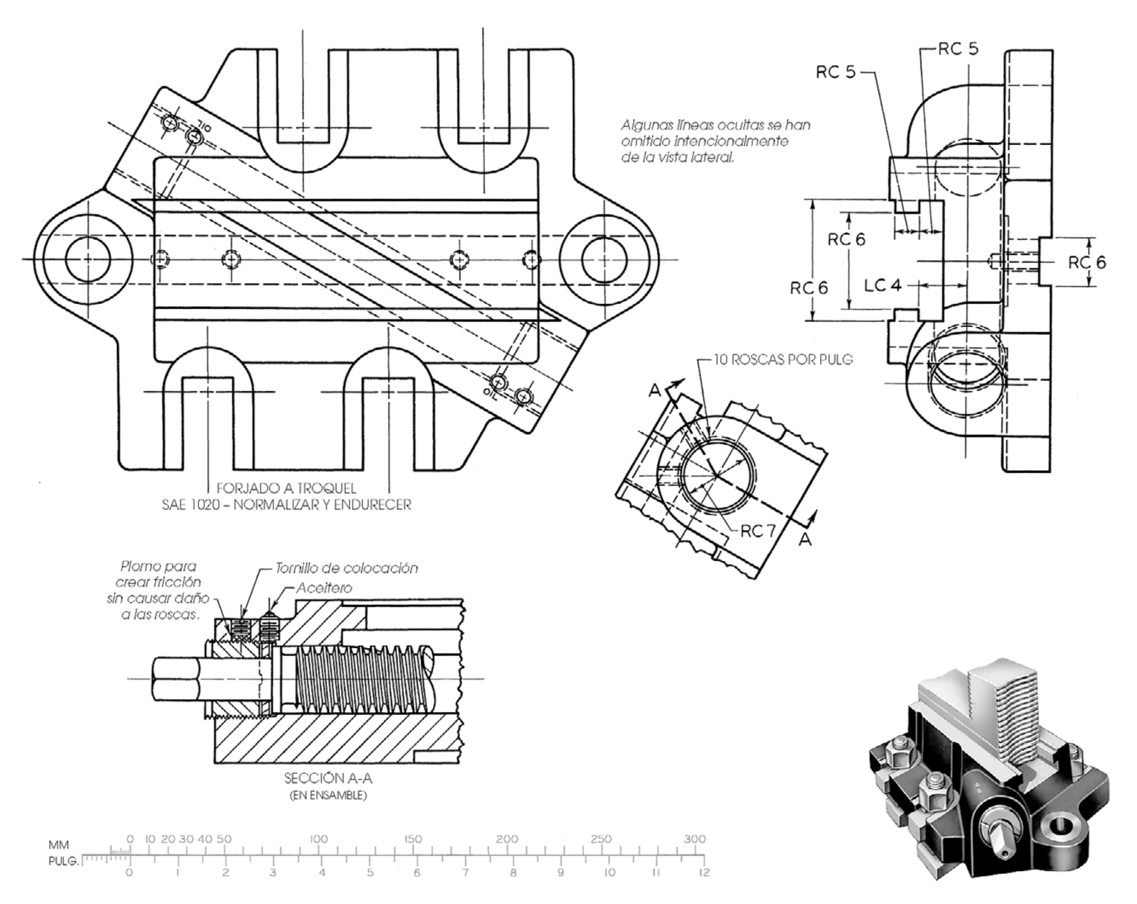
■ **FIGURA 11.49** ■ Proyecto 11.1: Bosqueje la figura mostrada. Use dimensiones límite, tolerancias bilaterales o balanceo geométrico para agregar un orificio de ∅.375 en el extremo izquierdo de la parte, localizado a .50 pulg de la superficie inferior y a 2 pulg del extremo derecho de la parte. La ubicación debe ser exacta a ±.005 y su tamaño exacto dentro de ±.002.



■ **FIGURA 11.50** ■ Proyecto 11.2: Agregue al dibujo símbolos de dimensionamiento y tolerancia para hacer lo siguiente: a) controlar la planicie de la superficie inferior a una tolerancia de .001, b) controlar la perpendicularidad de las superficies izquierda e inferior a .003, c) controlar la tolerancia para el ángulo de 30° a .01.

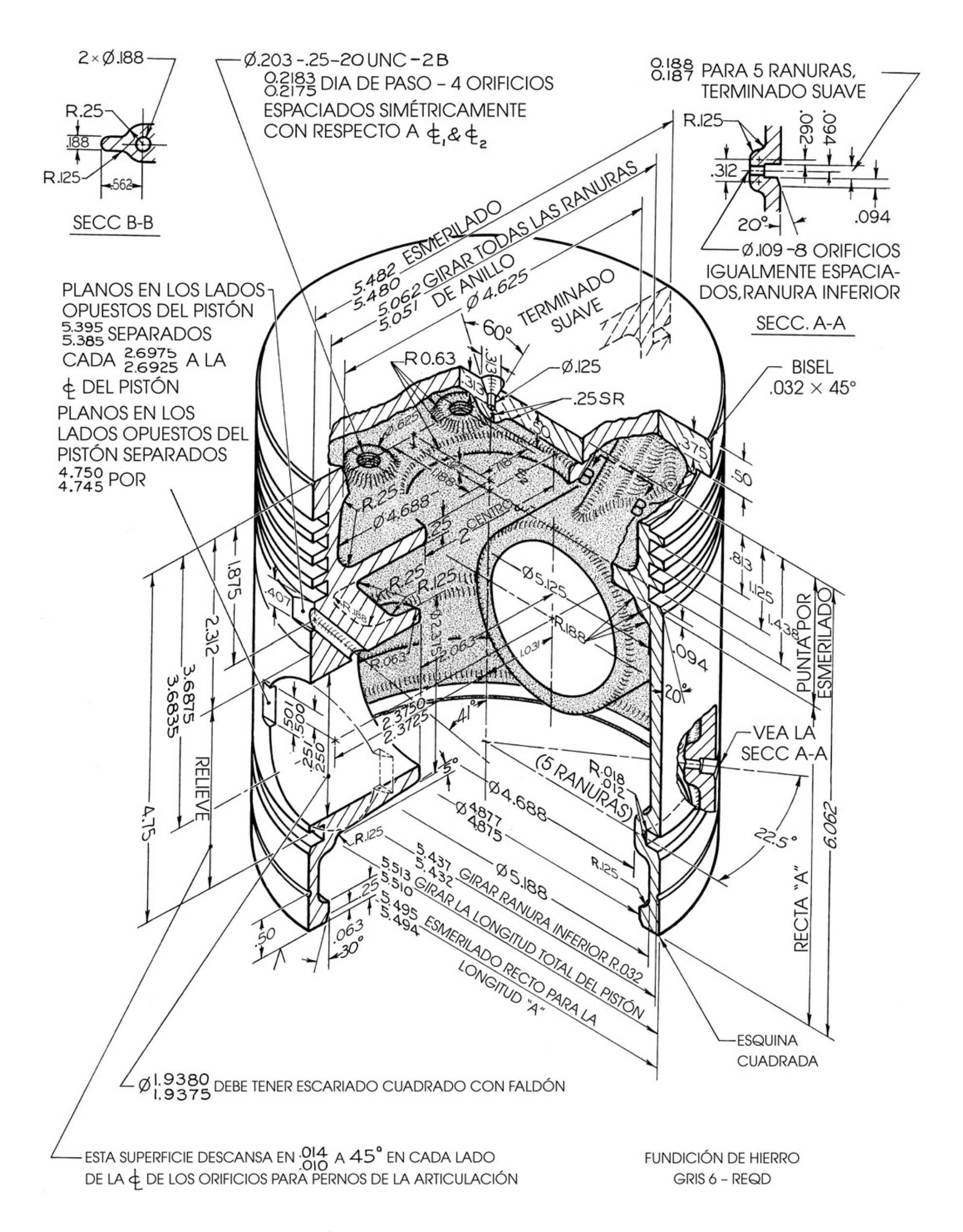


■ **FIGURA 11.51** ■ Caja de paro automático.
Proyecto 11.3: Elabore un dibujo detallado para la parte mostrada en las dos vistas isométricas. En la medida de lo posible, utilice símbolos estandarizados de dimensionamiento y tolerancia para remplazar las notas.



■ **FIGURA 11.52** ■ Base para quijada de sujeción.

Proyecto 11.4: Vistas dadas: superior, derecha y vistas auxiliares parciales. Vistas requeridas: superior, izquierda (a un lado de la superior), frontal y vistas auxiliares parciales con dimensiones, si es necesario. Use dimensiones métricas o en pulgadas decimales. Utilice las tablas del Estándar Nacional Estadounidense (*American National Standard*) para los ajustes indicados o conviértalos a valores métricos. Vea los apéndices 5-14.



■ **FIGURA 11.53** ■ Pistón de tractor Caterpillar.
Proyecto 11.5: Haga dibujos detallados a tamaño completo con las hojas C o A2. Si así se le asigna, use el sistema unidireccional de pulgadas decimales, convirtiendo todas las fracciones a dimensiones con dos lugares decimales, o convierta todas las dimensiones a valores métricos. Utilice símbolos estándar de dimensionamiento y tolerancia para remplazar las notas.

Capítulo

12

Roscas, sujetadores y resortes

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Definir y etiquetar las partes de una rosca de tornillo.**
2. **Identificar varias formas de rosca de tornillo.**
3. **Bosquejar roscas detalladas, esquemáticas y simplificadas.**
4. **Definir especificaciones típicas de roscas.**
5. **Identificar diversos sujetadores y describir su uso.**
6. **Bosquejar distintos tipos de cabeza de tornillo.**
7. **Bosquejar resortes mediante el uso de convenciones de rompimiento.**

PANORAMA

Todo indica que el concepto de rosca de tornillo se le ocurrió primero a Arquímedes, el matemático del siglo III a. C., quien escribió un poco sobre espirales e inventó varios dispositivos simples donde aplicaba el principio del tornillo. Para el siglo I a. C., éste era un elemento de fricción y a presión pero se cortaba de manera rudimentaria ya que era de madera, o se limaba sobre un eje de metal. No se escuchó nada más del tornillo hasta el siglo XV.

Leonardo da Vinci entendió el principio del tornillo y creó bosquejos donde mostraba cómo cortar roscas mediante la maquinaria. En el siglo XVI, los tornillos aparecieron muy detallados en relojes alemanes y se utilizaron para asegurar trajes de armadura. En 1669, el francés Besson inventó el torno cortador de tornillos, pero este método de producción no se adoptó sino hasta un siglo y medio después; las tuercas y pernos se continuaron fabricando principalmente a mano. En el siglo XVIII, durante la revolución industrial, comenzó la manufactura de tornillos en Inglaterra.

Los tornillos y sujetadores son los principales dispositivos de sujeción usados para el ensamblaje de componentes. La rosca helicoidal se conoce simplemente como rosca; la forma de rosca métrica es el estándar internacional, aunque la forma de rosca unificada es común en Estados Unidos y existen otras formas que se utilizan en aplicaciones específicas. A menudo, los programas para el dibujo de CAD utilizan software que genera roscas automáticamente. La especificación de rosca es una nota de llamada especial que define el tipo; ésta es una instrucción dirigida principalmente al técnico del taller, quien por medio de la manufactura elaborará la rosca de acuerdo a las indicaciones.

Para acelerar el tiempo de producción y reducir costos, cada año se crean más tipos de sujetadores; además, los existentes se modifican para mejorar su inserción en la producción masiva.

12.1 ■ ROSCAS DE TORNILLO ESTANDARIZADAS

En siglos pasados no existía la estandarización; las tuercas hechas por un fabricante podrían no ajustarse a los pernos de otro. En 1841, sir Joseph Whitworth inició una cruzada para estandarizar las roscas de tornillo y pronto la rosca Whitworth fue aceptada por toda Inglaterra.

En 1864, Estados Unidos adoptó una rosca propuesta por William Sellers de Philadelphia, pero las tuercas Sellers no se enroscarían en un tornillo Whitworth o viceversa. En 1935 se adoptó en Estados Unidos la rosca estándar estadounidense, con la misma forma en V de 60 grados de la antigua rosca Sellers. Aún no existía una estandarización entre países. En tiempos de paz esto resultaba una molestia, en la Primera Guerra Mundial fue un problema serio y en la Segunda Guerra Mundial el obstáculo creció a tal grado que los aliados decidieron hacer algo al respecto. Las pláticas comenzaron entre estadounidenses, británicos y canadienses, y en 1948 se logró un acuerdo para la unificación de las roscas de tornillo americana y británica. La nueva rosca se llamó ***rosca de tornillo unificada***, y representaba un punto medio entre el estándar estadounidense y los sistemas Whitworth, lo que permitía una intercambiabilidad completa entre las tuercas de los tres países.

En 1946 se formó un comité de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, *International Organization for Standardization*) para establecer un solo sistema internacional de roscas de tornillo métricas. Consecuentemente y gracias a los esfuerzos cooperativos del Instituto de Sujetadores Industriales (IFI, *Industrial Fasteners Institute*), varios comités del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, *American National Standards Institute*) y los representantes de ISO, se elaboró un estándar métrico para los sujetadores.*





(a) Resortes. (b) Tornillos y sujetadores. *De* Machine Design: An Integrated Aproach *de Robert Norton, © 1996. Reimpreso con permiso de Prentice-Hall, Inc.*

**Puede consultar una lista de estándares de ANSI para roscas, sujetadores y resortes en el Apéndice 1.*

En la actualidad, las roscas de tornillo son vitales para la vida industrial. Están diseñadas para cientos de propósitos. Las tres aplicaciones básicas son:

1. Mantener partes unidas.
2. Ajustar partes en relación con otras.
3. Transmitir potencia.

12.2 ■ TÉRMINOS DE LAS ROSCAS DE TORNILLO

Las siguientes definiciones se aplican a las roscas de tornillo en general (figura 12.1). Para obtener información adicional relativa a términos y definiciones específicos para roscas unificadas y métricas, consulte los siguientes estándares:

ANSI/ASME B1.1
ANSI/ASME B1.7M
ANSI/ASME B1.13M
ANSI/ASME Y14.6
ANSI/ASME Y14.6aM

ROSCA DE TORNILLO Un borde de sección uniforme con la forma de una hélice sobre la superficie externa o interna de un cilindro.

ROSCA EXTERNA Una rosca en el exterior de un elemento, por ejemplo en un eje.

ROSCA INTERNA Una rosca en el interior de un elemento, por ejemplo en un orificio.

DIÁMETRO MAYOR El diámetro más grande de una rosca de tornillo (tanto para roscas internas como para externas).

DIÁMETRO MENOR El diámetro más pequeño de una rosca de tornillo (tanto para roscas internas como para externas).

PASO La distancia medida en forma paralela al eje, desde un punto en una rosca de tornillo hasta un punto correspondiente en la siguiente rosca. El paso (P) es igual a 1 entre el número de roscas por pulgada.

DIÁMETRO DE PASO El diámetro de un cilindro imaginario que pasa a través de las roscas, donde las anchuras de las roscas y las anchuras de los espacios deben ser iguales.

AVANCE La distancia que una rosca de tornillo avanza de manera axial en cada vuelta.

ÁNGULO DE ROSCA El ángulo entre los lados de la rosca medido en un plano a través del eje del tornillo.

CRESTA La superficie superior que une los dos lados de una rosca.

RAÍZ La superficie inferior que une los lados de dos roscas adyacentes.

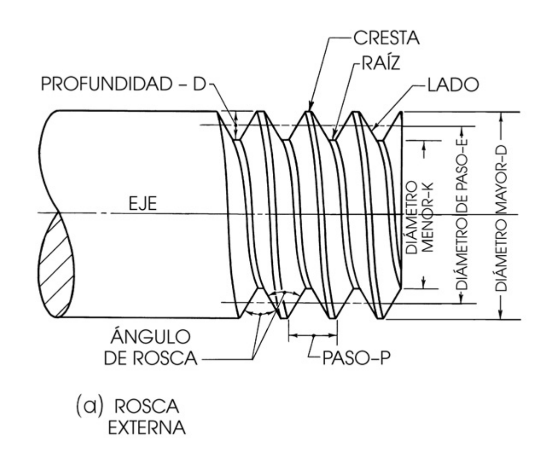
LADO La superficie de la rosca que conecta la cresta con la raíz.

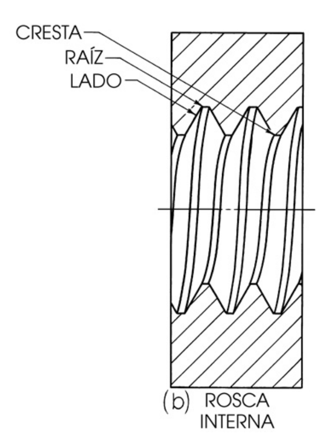
EJE DE TORNILLO La línea central longitudinal a través del tornillo.

PROFUNDIDAD DE ROSCA La distancia entre la cresta y la raíz de la rosca medida de manera normal al eje.

FORMA DE ROSCA La sección cruzada de una rosca cortada por un plano que contiene el eje.

SERIE DE ROSCA Número estándar de roscas por pulgada para diferentes diámetros.





■ **FIGURA 12.1** ■ Nomenclatura para roscas de tornillos.

12.3 ■ FORMAS DE ROSCA DE TORNILLO

La forma de una rosca está definida básicamente por su tipo. Existen diferentes formas de rosca que se utilizan para distintos propósitos. Los usos principales para las roscas son mantener partes juntas, ajustar las partes en relación con otras y transmitir potencia. La figura 12.2 muestra algunas de las formas de rosca típicas.

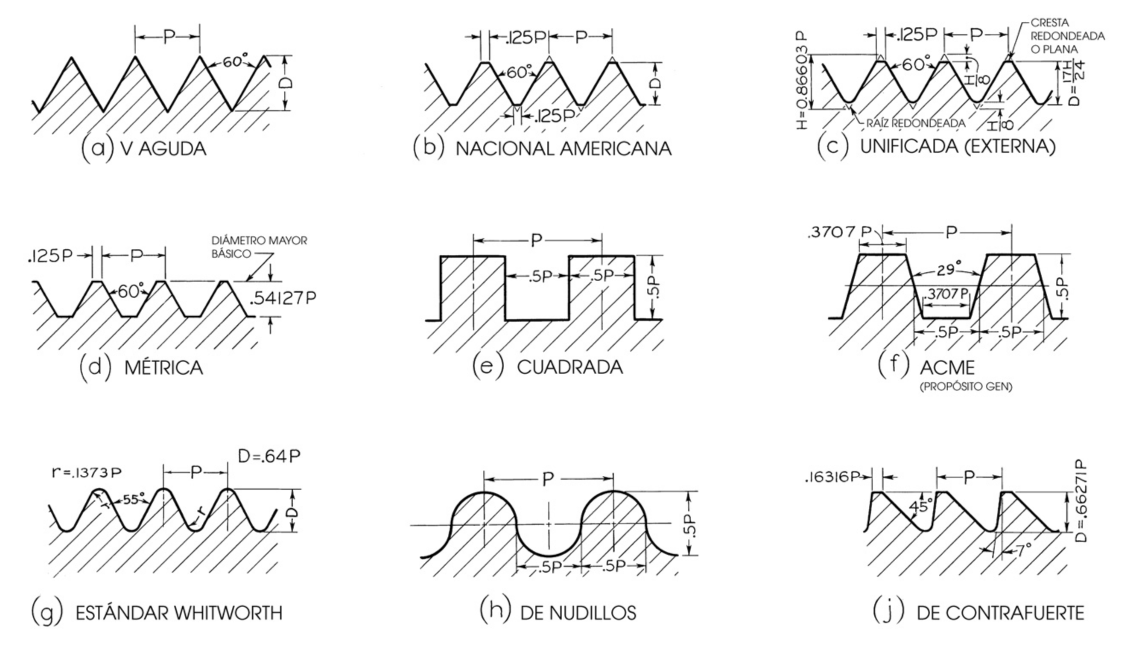
La *rosca en V aguda* (60 grados) es útil para ciertos ajustes debido a la fricción incrementada que resulta de la cara de la rosca completa. También se usa en trabajos realizados sobre tubos de bronce.

La *rosca nacional americana*, con raíces y crestas aplanadas, es una rosca más resistente a la tensión y compresión. Esta forma remplazó a la rosca en V aguda para uso general.

La *rosca unificada* es la rosca estándar acordada por los Estados Unidos, Canadá y Gran Bretaña en 1948 y ha remplazado a la forma nacional americana. La cresta de la rosca externa puede ser plana o redondeada, y la raíz es redondeada; por lo demás, la forma de rosca es esencialmente la misma que la nacional americana. Algunas de las antiguas roscas nacionales americanas aún se incluyen en el nuevo estándar, el cual enumera 11 números de roscas por pulgada para los distintos diámetros estándar, junto con combinaciones seleccionadas de diámetros y pasos especiales. Las 11 series son la *serie de roscas gruesas* (UNC o NC), recomendada para uso general; la *serie de roscas finas* (UNF o NF), para uso general en trabajos de automóviles y aviones y en aplicaciones donde se requiere una rosca fina; la *serie extra fina* (UNF o NF), que es lo mismo que la serie SAE extrafina, utilizada particularmente en equipo aéreo y aeronáutico y por lo general para roscas en paredes delgadas; y las ocho series de roscas 4, 6, 8, 12, 16, 20, 28 y 32 con paso constante. Las series 8UN u 8N, 12UN o 12N, y 16UN o 16N se recomiendan para los usos correspondientes a las antiguas roscas americanas con pasos 8, 12 y 16. Además, existen tres series de rosca especiales —UNS, NS y UN— que presentan combinaciones especiales de diámetro, paso y longitud de acoplamiento.

La serie de *rosca extra fina unificada* (UNEF) tiene muchas más roscas por pulgada en los diámetros dados que cualquier serie nacional americana o unificada. La forma de rosca es la misma que la nacional americana. Estas roscas pequeñas se utilizan en metal delgado cuando la longitud de acoplamiento de la rosca es pequeña, en casos donde se requiere un ajuste preciso, a la compresión y a la vibración cuando es crítica.

La *rosca métrica* es la acordada para los sujetadores de rosca internacionales. La cresta y la raíz son planas, pero la rosca externa con frecuencia está redondeada si ésta se forma mediante un proceso de rodado. Su forma es similar a las de la nacional americana y la unificada pero con menos profundidad de rosca. La rosca métrica preferida para propósitos comerciales cumple con el perfil básico M de ISO para roscas métricas. Este diseño de perfil M es comparable con el perfil unificado en pulgadas, pero no son intercambiables. Para propósitos comerciales se prefieren ahora con menor frecuencia dos series de roscas métricas, gruesa (propósito general) y fina.



■ **FIGURA 12.2** ■ Formas de rosca de tornillo.

En teoría, la *rosca cuadrada* es la ideal para la transmisión de potencia, porque su cara forma ángulos casi rectos con su eje; sin embargo, dada la dificultad de cortarla con tarrajas y debido a otras desventajas inherentes (como el hecho de que las tuercas divididas no se separan con facilidad), la rosca cuadrada ha sido desplazada en gran medida por la rosca ACME.

La *rosca acme* es una modificación de la rosca cuadrada, a la cual ha desplazado en muchos usos. Es más fuerte que la rosca cuadrada, más fácil de cortar y tiene la ventaja de que las tuercas pueden separarse más fácilmente, como en el tornillo de avance de un torno.

La *rosca de gusano estándar* (no mostrada) es similar a la rosca ACME pero más profunda. Se utiliza en ejes para atraer potencia a las ruedas de gusano.

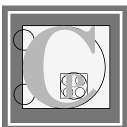
La *rosca Whitworth* fue el estándar británico y ha sido remplazada por la rosca unificada. Los usos de la rosca Whitworth corresponden a los de la rosca nacional americana.

La *rosca de nudillos* se fabrica usualmente por medio del rodado de hojas de metal, pero en ocasiones también se funde. En formas modificadas, la rosca de nudillos se utiliza para bombillas y conexiones eléctricas, tapas de botellas, etcétera.

La *rosca de contrafuerte* está diseñada para transmitir potencia en una sola dirección. Se usa de manera común en grandes cañones, en gatos hidráulicos y otros mecanismos que requieren una gran fortaleza.

Existe cierta cantidad de formas de rosca definidas en distintos estándares de ASME, los cuales especifican requerimientos para el diseño y selección de roscas de tornillos. Por ejemplo:

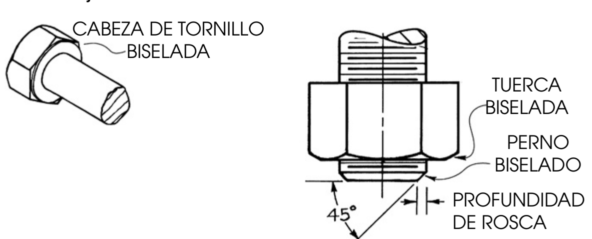
Rosca	Descripción de serie	Estándar
ACME G	Rosca ACME de propósito general	B1.5
NPT	Rosca de tubo ahusado para uso general	B1.20.1
STI	Insertos de anillo helicoidal	B18.29.1
UN	Rosca unificada recta en pulgadas	B1.1
UNJ	Rosca unificada recta en pulgadas con raíz de radio guía en la rosca externa	B1.15
La antigua serie de rosca N ha sido sustituida por la serie UN.		



Consejos prácticos

Bisel en tuercas y pernos

Por lo general, las tuercas y los pernos están biselados (cortados en un ángulo para formar un borde con chaflán). Esto facilita la penetración de los pernos en un orificio roscado y elimina las esquinas agudas de las tuercas, lo que las hace más fácil de manejar.



- Por lo general, el bisel en los pernos se fabrica a 45 grados desde la profundidad de rosca.
- El bisel en las tuercas se muestra como de 30 grados.

12.4 ■ SERIES DE ROSCA

La representación de roscas de tornillo ASME/ANSI Y14.6-2001 es un estándar para el trazado, la especificación y el dimensionamiento de roscas en dibujos.

La serie de rosca es el detalle de la forma y el número de cuerdas por pulgada que comprenden los diferentes grupos de tornillos. La tabla 12.1 muestra las series de cuerda para las roscas UN.

En los estándares antiguos de ANSI se utilizaron las siguientes cinco series de roscas:

1. *Rosca gruesa* —Una rosca de propósito general utilizada para sujetar. Designada NC (gruesa nacional).
2. *Rosca fina* —Tiene más roscas por pulgada y se usa de manera extensa en la construcción de automóviles y aviones. Designada NF (fina nacional).
3. *Rosca de paso 8* —Todos los diámetros tienen ocho cuerdas por pulgada. Se emplea en pernos para uniones de tubería de alta presión, tachones de cabeza de cilindro y sujetadores similares. Designada 8N (forma nacional, 8 roscas por pulgada).
4. *Rosca de paso 12* —Todos los diámetros tienen 12 cuerdas por pulgada; se emplea en trabajos de caldera y para roscas delgadas en ejes y mangas durante la construcción de máquinas. Designada 12N (forma nacional, 12 roscas por pulgada).
5. *Rosca de paso 16* —Todos los diámetros tienen 16 cuerdas por pulgada; se emplea donde es necesario tener una rosca fina sin importar el diámetro, como en collarines ajustables y tuercas para la retención de cojinetes. Designada 16N (forma nacional, 16 roscas por pulgada).

TABLA 12.1 ■ Series de Rosca UN.

Serie de rosca básica	Paso constante	Gruesa	Fina	Extra fina	Diámetro/paso especial
UN	UN	UNC	UNF	UNEF	UNS
UNJ	UNJ	UNJC	UNJF	UNJEF	UNJS
N*	N	NC	NF	NEF	NS
UNR	UNR	UNRC	UNRF	UNREF	UNRS

*Esta serie se sustituye por la serie UN.

12.5 ■ NOTAS DE ROSCA

La "representación de roscas de tornillo" ASME/ANSI Y14.6-2001 es un estándar para la representación, la especificación y el dimensionamiento de roscas de tornillo en dibujos. La figura 12.3 muestra las notas para roscas de tornillo métricas, unificadas y nacionales americanas que se utilizan en el taller, los registros de los almacenes y las especificaciones para partes, llaves, tarrajas, herramientas y normas.

Las roscas de tornillo métricas se designan principalmente mediante la letra M para el símbolo de rosca métrica, seguida por la forma de rosca y el tamaño nominal (diámetro mayor básico) en milímetros y separados por el símbolo × seguido por el paso, también en milímetros. Por ejemplo, la nota de rosca básica MJ10 × 1.5 es adecuada para la mayoría de los propósitos comerciales (figura 12.3b). Si es necesario, se agrega a la nota la clase de ajuste y LH para designar rosca izquierda. (la ausencia de LH indica RH o rosca derecha).

Si es necesario, se agrega a la nota de la rosca su longitud de acoplamiento: S (corta), N (normal) o L (larga). Por ejemplo, la nota sencilla MJ10 × 1.5-6H/6g-N-LH combina las especificaciones para las correspondencias interna y externa de roscas métricas izquierdas de 10 mm de diámetro y paso de 1.5 mm con tolerancias de propósito general y longitud de acoplamiento normal.

Si la rosca es múltiple, la palabra INICIOS con el número de inicios de rosca, todo entre paréntesis, debe preceder a la forma de la rosca; de otra forma, se entiende que la rosca es sencilla.

Por ejemplo, la nota:

$1\frac{1}{2}$-6 (2 INICIOS) UNC.

Indicaría una rosca doble.

La figura 12.23a muestra una nota de rosca para un hoyo roscado ciego. Un ***taladro de roscar*** permite formar un orificio con suficiente material para cortar una rosca mediante el uso de una tarraja. En la práctica, el tamaño y la profundidad del taladro de roscar se omiten y se dejan al criterio del taller. En ocasiones es deseable establecer un rango de tolerancia para el tamaño del orificio antes del roscado. Esto puede establecerse de la siguiente manera:

Ø.656–.658 ANTES DE ROS .75-20-NEF-2B

Para consultar los tamaños de los taladros de roscar, vea el apéndice 15.

De preferencia, las notas de rosca para orificios se anexan a las vistas circulares de los agujeros. Las notas para las roscas externas se dan preferentemente donde el eje roscado aparece rectangular (figuras 12.3b a 12.3f). Una muestra de designación de cuerda especial es 1-7N-LH.

Las roscas ACME de propósito general se indican mediante la letra G, y las roscas ACME centralizadoras por medio de la letra C. Dos notas de rosca típicas son 1-4 ACME-2G o 1-6 ACME-4C.

En las figuras 12.3j y 12.3k se muestran notas para roscas unificadas. Las letras A y B designan respectivamente rosca externa o interna después del número que designa la clase de ajuste. Si se omiten las letras LH, se entiende que la rosca es RH. Algunas notas de rosca típicas son:

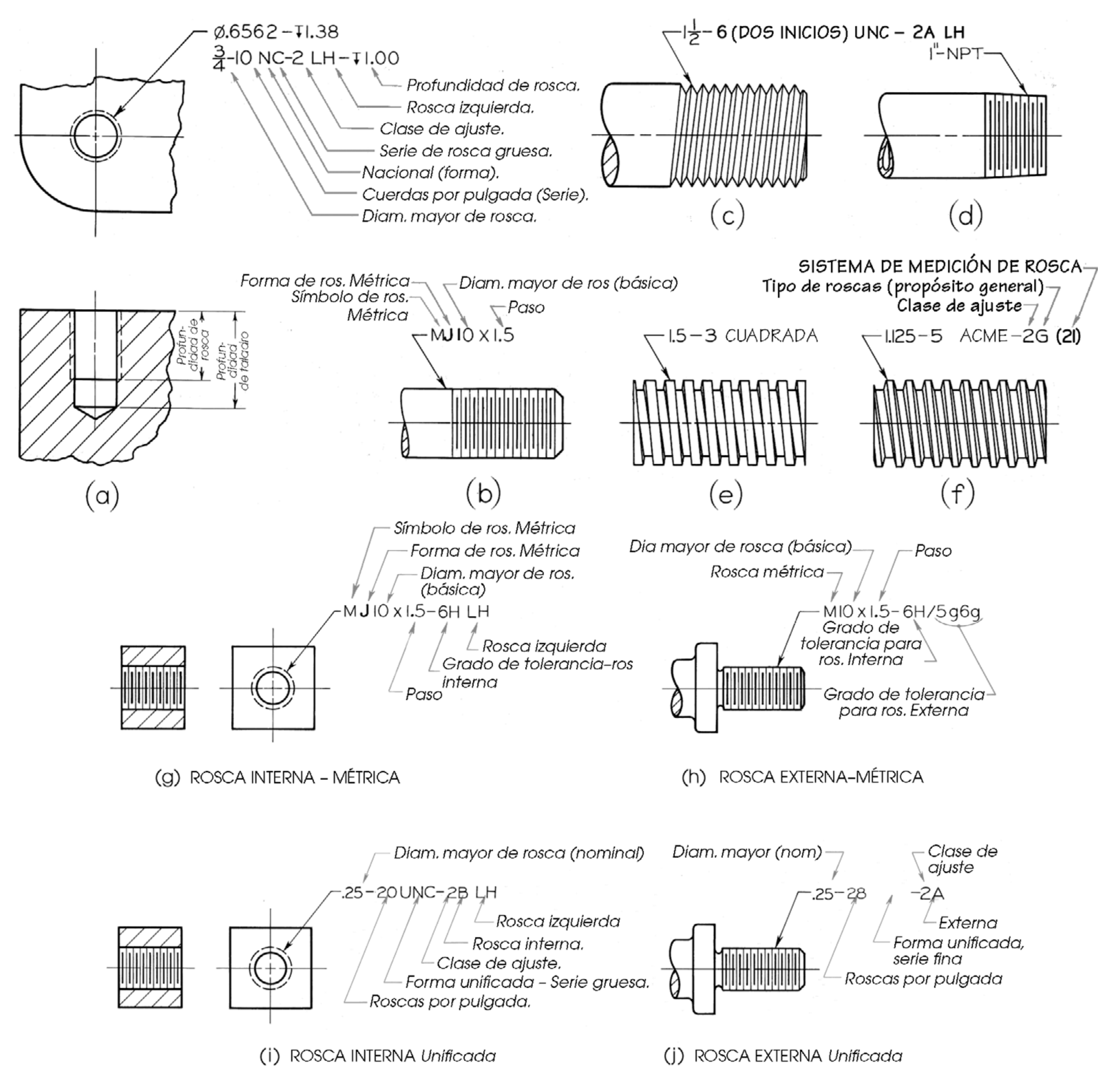
-20 (3 INICIOS) UNC-2A
-18 UNF-2B
1-16 UN-2A

12.6 ■ AJUSTES DE ROSCA NACIONAL ESTADOUNIDENSE

Para uso general, ANSI ha establecido tres clases de ajustes de rosca de tornillo entre roscas correspondientes (como entre perno y tuerca).

Estos ajustes se producen mediante la aplicación de las tolerancias listadas en el estándar y son los siguientes:

1. *Ajuste de clase 1* —Recomendado sólo para el trabajo con roscas de tornillo donde la holgura entre las partes correspondientes es esencial para el ensamblaje rápido y donde el movimiento o juego no se objeta.



■ **FIGURA 12.3** ■ Notas de rosca.

2. *Ajuste de clase 2* —Representa una alta calidad en los productos roscados comerciales y se recomienda para el trabajo con grandes cantidades de roscas de tornillo intercambiables.
3. *Ajuste de clase 3* —Representa una calidad excepcionalmente alta en los productos roscados comercialmente y se recomienda sólo en casos donde se garantiza el alto costo de las herramientas de precisión y de la verificación continua.

El estándar para las roscas de tornillo unificadas especifica tolerancias y márgenes que definen los distintos tipos de ajuste (grado de holgura o ajuste) entre roscas correspondientes. En los símbolos para el ajuste, la letra A hace referencia a las roscas externas y la letra B a las roscas internas. Existen tres clases de ajuste para las roscas externas (1A, 2A, 3A) y las internas (1B, 2B, 3B). Las clases 1A y 1B tienen tolerancias generosas, lo que facilita el ensamble y desensamble rápido. Las clases 2A y 2B se utilizan en la producción normal de tornillos, pernos y tuercas, así como en una variedad de aplicaciones generales. Las clases 3A y 3B se proporcionan para las aplicaciones que necesitan roscas muy exactas y ajustes muy precisos.

12.7 ■ AJUSTES DE ROSCAS MÉTRICAS Y UNIFICADAS

Algunas aplicaciones de roscas métricas se especifican por medio del grado de tolerancia, la posición de la tolerancia, clase y longitud del acoplamiento. Existen dos clases generales de ajustes de rosca métrica: la primera es para aplicaciones de propósito general y tiene una clase de tolerancia de 6H para roscas internas y una clase de 6g para roscas externas; la segunda se usa donde son necesarios ajustes más precisos y tiene una clase de tolerancia de 6H para roscas internas y una clase de 5g6g para roscas externas. Si no se designa de otra manera, se asumen las clases de tolerancia de rosca métrica de 6H/6g y se utilizan en aplicaciones comparables con las clases de ajustes 2A/2B.

La designación de tolerancia sencilla de 6H se refiere tanto al grado de tolerancia como a la posición para el diámetro de paso y el diámetro menor para una rosca interna. La designación de tolerancia sencilla de 6g se refiere tanto al grado de tolerancia como a la posición para el diámetro de paso y el diámetro mayor de la rosca externa. Una designación doble de 5g6g indica grados de tolerancia separados para el diámetro de paso y para el diámetro mayor de la rosca externa.

12.8 ■ PASO DE LA ROSCA

El ***paso*** de cualquier forma de rosca es la distancia paralela al eje entre puntos correspondientes sobre roscas adyacentes (figura 12.4).

Para roscas métricas, esta distancia se especifica en milímetros. El paso para una rosca métrica, que se incluye con el diámetro mayor en la designación de rosca, ya que determina el tamaño de la misma; por ejemplo, MJ10 × 1.5 (figura 12.4b).

Para roscas dimensionadas en pulgadas, el paso es igual a 1 dividido entre el número de roscas por pulgada. Para ver tablas de roscas que proporcionan más información sobre números estándar de roscas por pulgada para diferentes series y diámetros de rosca consulte el apéndice 15. Por ejemplo, una rosca gruesa unificada de 1 pulg de diámetro tiene ocho cuerdas por pulgada, y el paso P es igual a 1/8 pulg (.125).

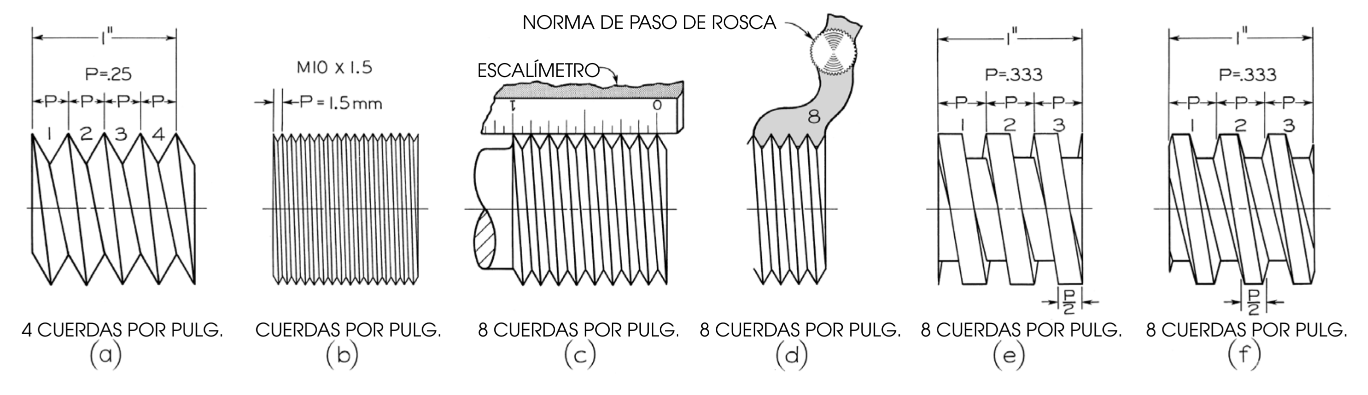
Si una rosca tiene sólo cuatro cuerdas por pulgada, el paso y las mismas roscas son muy grandes (figura 12.4a); si tiene 16 cuerdas por pulgada, el paso es de sólo 1/16 pulg (.063 pulg.), y las roscas son relativamente pequeñas, similares a las de la figura 12.4b.

El paso o el número de cuerdas por pulgada puede medirse con una escala o una *norma de paso de rosca*.

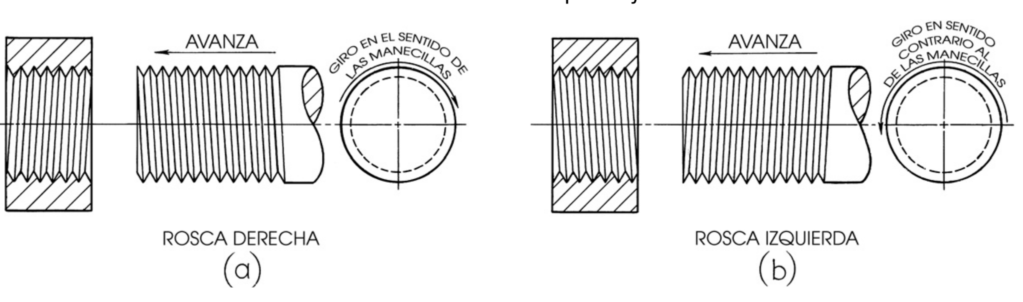
12.9 ■ ROSCAS DERECHAS Y ROSCAS IZQUIERDAS

Una ***rosca derecha*** es aquella que avanza en una tuerca cuando se gira en la misma dirección que las manecillas del reloj; una ***rosca izquierda*** es aquella que avanza en la tuerca cuando se gira en el sentido contrario (figura 12.5). Una rosca siempre se considera derecha, o RH, a menos que se especifique lo contrario. Una rosca izquierda siempre se etiqueta como LH en el dibujo.

■ **FIGURA 12.4** ■ Paso de las roscas.



■ **FIGURA 12.5** ■ Roscas izquierda y derecha.



12.10 ■ ROSCAS MÚLTIPLES Y SENCILLAS

Una ***rosca sencilla***, como su nombre lo indica, está compuesta de un borde, y por lo tanto el avance es igual al paso. Las ***roscas múltiples*** están compuestas de dos o más bordes que corren uno junto al otro. Como las figuras 12.6a a 12.6c lo muestran, la *línea de pendiente* es la hipotenusa de un triángulo recto cuyo lado más corto es igual a .5P para roscas sencillas, P para roscas dobles, 1.5 P para roscas triples (y así sucesivamente). Esto se aplica a todas las formas de roscas. En las *roscas dobles*, el avance es dos veces el paso; en *roscas triples*, la rosca es tres veces el paso y así sucesivamente. En el dibujo de una rosca sencilla o triple, una raíz está opuesta a una cresta; en el caso de una rosca doble o cuádruple, una raíz se dibuja opuesta a otra raíz. Por lo tanto, en un giro, una rosca doble avanza dos veces más que una rosca sencilla, y una rosca triple avanza tres veces lo que una rosca sencilla. Las figuras 12.6d y 12.6e muestran, respectivamente, una rosca cuadrada doble RH y una rosca ACME triple.

Las roscas múltiples se usan en cualquier lugar que se requiera movimiento rápido pero no alta resistencia, como en puntas giratorias de plumas, tapas de pasta dental, vástagos de válvula, etcétera. Las roscas en un vástago de válvula frecuentemente tienen roscas múltiples para impartir acción rápida al abrir y cerrar la válvula. Las roscas múltiples en un eje pueden reconocerse y contarse al observar el número de inicios de rosca en el extremo del tornillo.

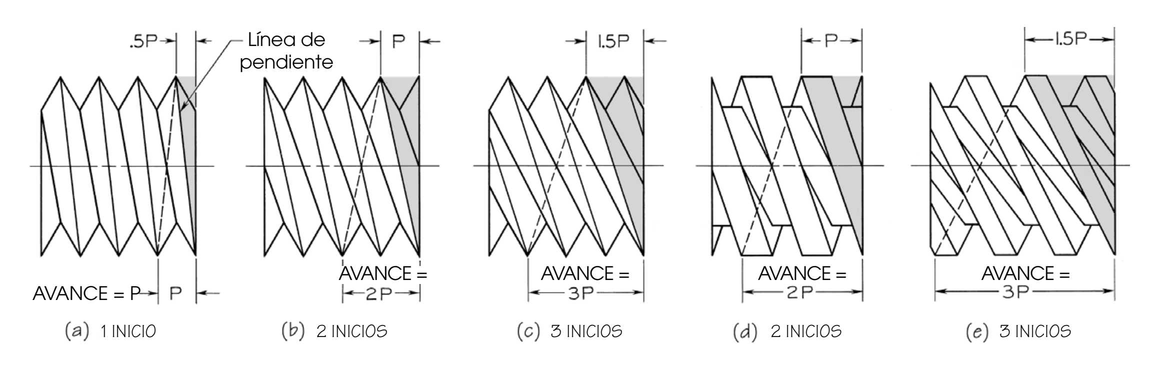
12.11 ■ SÍMBOLOS DE ROSCA

Existen tres métodos para representar las roscas de tornillo en dibujos: esquemático, simplificado y detallado. Los símbolos de rosca ***esquemáticos***, ***simplificados*** y ***detallados*** pueden combinarse en un solo dibujo.

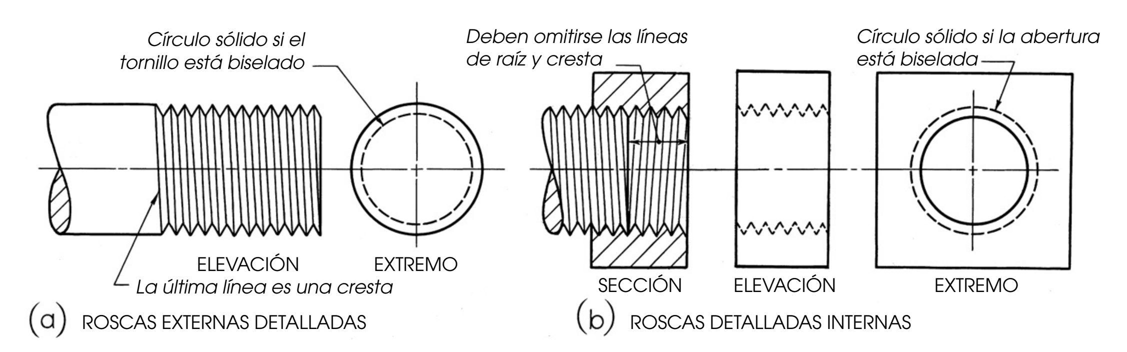
Las representaciones esquemática y simplificada (ésta última es la más común) se usan para mostrar roscas de diámetro pequeño, por debajo de 1 pulg o 25 mm de diámetro en el dibujo impreso. Los símbolos son los mismos para todas las formas de rosca, como la métrica, la unificada, la cuadrada y la ACME, pero la especificación de rosca expresa cuál se utilizará.

La representación detallada es una aproximación más cercana de la apariencia exacta de una rosca de tornillo, donde se dibujan los perfiles verdaderos de la forma de rosca; sin embargo, las curvas helicoidales son remplazadas por líneas rectas. La proyección verdadera de las curvas helicoidales de una rosca de tornillo implica mucho tiempo de dibujo, por lo que en la práctica se usa muy pocas veces.

No debe usarse la representación detallada a menos que el diámetro de la rosca en el dibujo sea mayor a 1 pulg o 25 mm y cuando sea necesario llamar la atención hacia la rosca. La representación esquemática es mucho más simple de dibujar y aun así presenta la apariencia de la rosca. La figura 12.7 muestra una representación verdadera. Cuando las crestas de las raíces sean planas o redondeadas, éstas se representarán mediante líneas senci-



■ **FIGURA 12.6** ■ Roscas múltiples.



■ **FIGURA 12.7** ■ Roscas detalladas: métrica, nacional estadounidense y unificada.

llas y no con líneas dobles (figura 12.1); en consecuencia, las roscas americanas y unificadas se dibujan de la misma forma.

12.12 ■ SÍMBOLOS DE ROSCA EXTERNA

Las figuras 12.8a y 12.8b muestran la representación simplificada para roscas externas. Las porciones roscadas se indican por medio de líneas ocultas paralelas al eje a la profundidad aproximada de la rosca, ya sea que el cilindro aparezca rectangular o circular. La profundidad mostrada no siempre es la profundidad de rosca real, sino sólo una representación de ésta. Utilice la tabla de la figura 12.10a para definir la apariencia general de estas líneas.

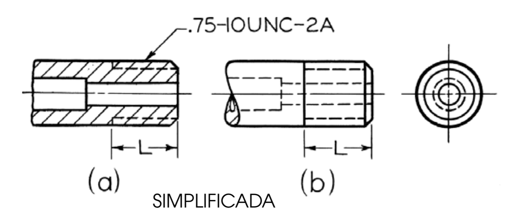
Cuando se muestre la forma esquemática en sección (figura 12.8c), presente las V de la cuerda para que ésta sea obvia. No es necesario mostrar las V a escala o a la pendiente real de las líneas de cresta. Para dibujar las V, utilice la profundidad de rosca esquemática (figura 12.10a), y determine el paso al dibujar V a 60 grados.

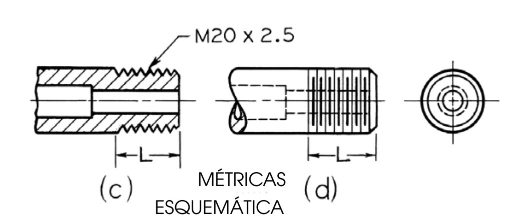
Las roscas esquemáticas se indican mediante líneas largas y cortas alternadas (figura 12.8d); las líneas cortas que representan las líneas de raíz son más gruesas que las líneas largas que representan crestas. En teoría, las líneas de cresta deben espaciarse de acuerdo con el paso real, pero esto las amontonaría, dibujarlas sería tedioso y una gran pérdida de tiempo al bosquejarlas. El espacio entre las líneas de cresta debe espaciarse cuidadosamente a simple vista; después se agregan las líneas de raíz en el punto medio entre las líneas de cresta. Por lo general, las líneas con una distancia entre ellas menor a 1/16 pulg son difíciles de distinguir. El espaciado debe ser proporcional para todos los diámetros. Identifique las proporciones correctas de los símbolos esquemáticos con la ayuda de la figura 12.10. No es necesario utilizar estas medidas reales al dibujar roscas esquemáticas, úselas sólo para obtener un sentido de qué tan alejadas deben trazarse las líneas.

12.13 ■ SÍMBOLOS DE ROSCA INTERNA

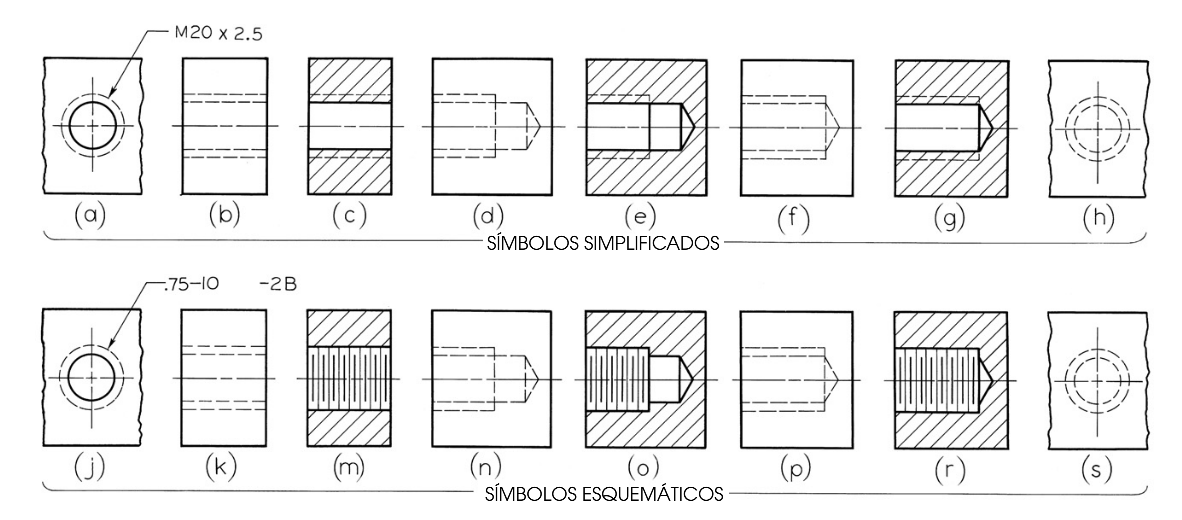
La figura 12.9 muestra símbolos de rosca interna; observe que las únicas diferencias entre los de rosca interna esquemáticos y simplificados ocurren en las vistas de sección. La representación de la rosca esquemática en sección en las figuras 12.9m, 12.9o y 12.9p es exactamente la misma que la representación externa mostrada en la figura 12.8d. Las roscas ocultas, mediante cualquier método, se representan por pares de líneas ocultas. Los segmentos de línea ocultos deben estar alternados como se muestra en la figura.

En el caso de agujeros roscados ciegos, la profundidad de taladro se dibuja normalmente al menos tres pasos esquemáticos más allá de la longitud de rosca, como se muestra en las figuras 12.9d, 12.9e, 12.9n y 12.9o. Los símbolos de la figura 12.9f y 12.9p representan el uso de una

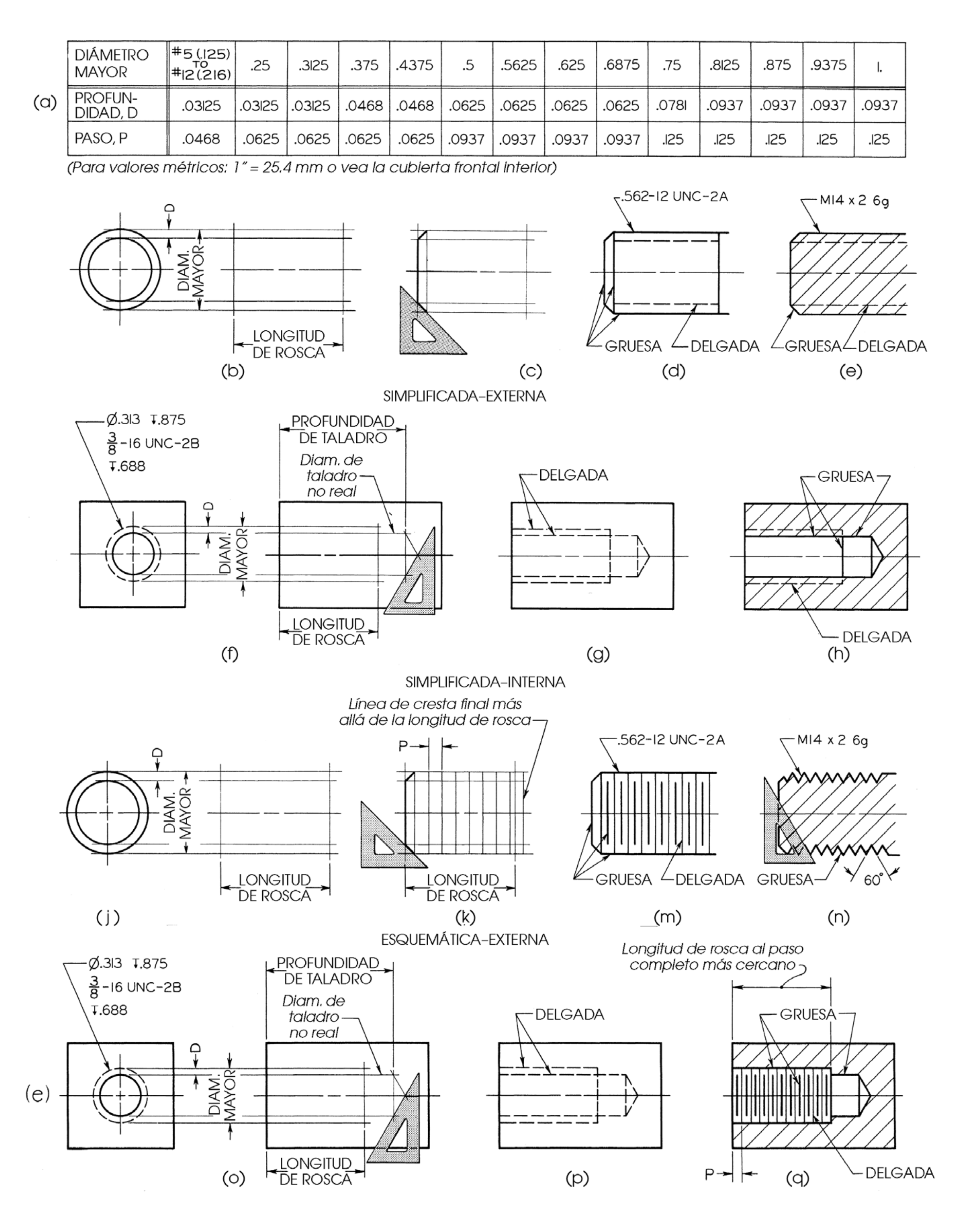




■ **FIGURA 12.8** ■ Símbolos de rosca externa.



■ **FIGURA 12.9** ■ Símbolos de rosca interna.



DIÁMETRO MAYOR	#5 (.125) TO #12 (.216)	.25	.3125	.375	.4375	.5	.5625	.625	.6875	.75	.8125	.875	.9375	1.
PROFUNDIDAD, D	.03125	.03125	.03125	.0468	.0468	.0625	.0625	.0625	.0625	.0781	.0937	.0937	.0937	.0937
PASO, P	.0468	.0625	.0625	.0625	.0625	.0937	.0937	.0937	.0937	.125	.125	.125	.125	.125

■ **FIGURA 12.10** ■ Dibujo de símbolos de rosca: simplificados y esquemáticos.

rosca inferior, cuando la longitud de la rosca es la misma que la profundidad de taladrado (la longitud de rosca bosquejada puede ser un poco más grande que la real dada). Si la profundidad de taladrado es conocida, dibuje el taladro a esa profundidad. Si la nota de rosca omite esta información, como se hace con frecuencia en la práctica, bosqueje en el orificio tres pasos de rosca esquemática más allá de la longitud de rosca. El diámetro de la broca con punta se representa de manera aproximada, no a tamaño real.

12.14 ■ REPRESENTACIÓN DETALLADA: ROSCAS MÉTRICA, UNIFICADA Y NACIONAL AMERICANA

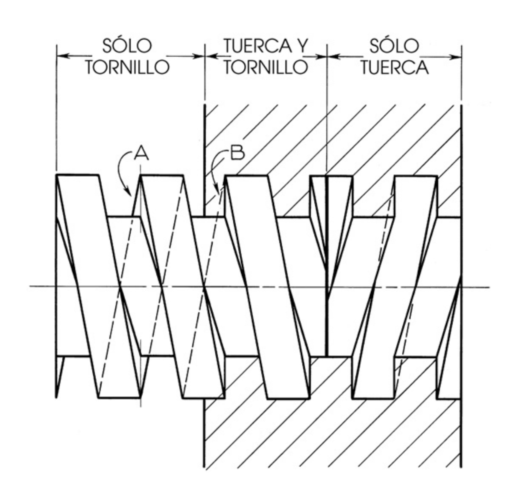
La representación detallada para las roscas métrica, unificada y nacional americana es la misma, puesto que las planicies no se toman en cuenta.

Las roscas detalladas internas en sección se dibujan como la figura 12.11 lo muestra. Observe que para las roscas LH, las pendientes de las líneas son ascendentes a la izquierda (figuras de las 12.11a a la 12.11c), mientras que para las roscas RH, las pendientes de las líneas son ascendentes a la derecha (figuras 12.11d a la 12.11f).

La figura 12.12 es un dibujo de ensamble que muestra una rosca cuadrada externa en una tuerca. El detalle de la rosca cuadrada en A es la misma que en el paso a paso 12.2, pero cuando se ensamblan las roscas interna y externa, la rosca en la tuerca se sobrepone y cubre la mitad de la V, como se muestra en B.

La elaboración de la rosca interna es la misma que en la figura 12.13. Observe que las líneas de rosca que representan la mitad trasera de las roscas internas (debido a que la rosca está en sección) tienen una pendiente en la dirección opuesta a la del lado frontal del tornillo.

La figura 12.13 muestra los pasos para dibujar una rosca cuadrada interna en sección. Observe en la figura 12.13b que una cresta se dibuja opuesta a una raíz. Éste es el caso tanto para las roscas sencillas como para las triples. Para las roscas dobles y cuádruples, una cresta está opuesta a otra cresta. Así, la construcción en las figuras 12.13a y 12.13b es la misma para cualquier rosca múltiple. Las diferencias aparecen en la figura 12.13c, donde se distinguen y distribuyen las roscas y los espacios.



■ **FIGURA 12.12** ■ Roscas cuadradas en ensamble.

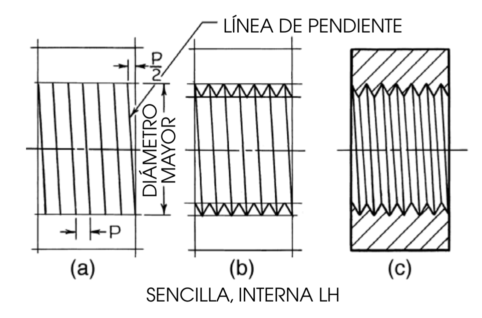
La figura 12.13e muestra la misma rosca interna desde una vista externa. Los perfiles de las roscas se dibujan en su posición normal, pero con líneas ocultas, y las líneas con pendiente se omiten por simplicidad. La figura 12.13f muestra la vista del extremo de la misma rosca interna. Observe que los círculos ocultos y sólidos están opuestos a los de la vista del extremo del eje.

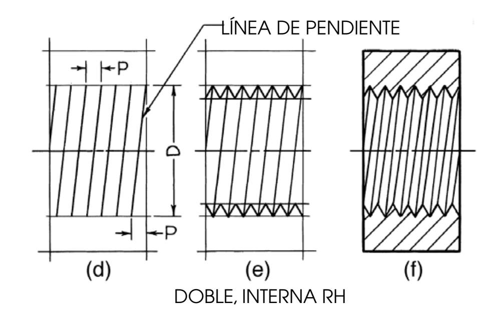
12.15 ■ REPRESENTACIÓN DETALLADA DE ROSCA ACME

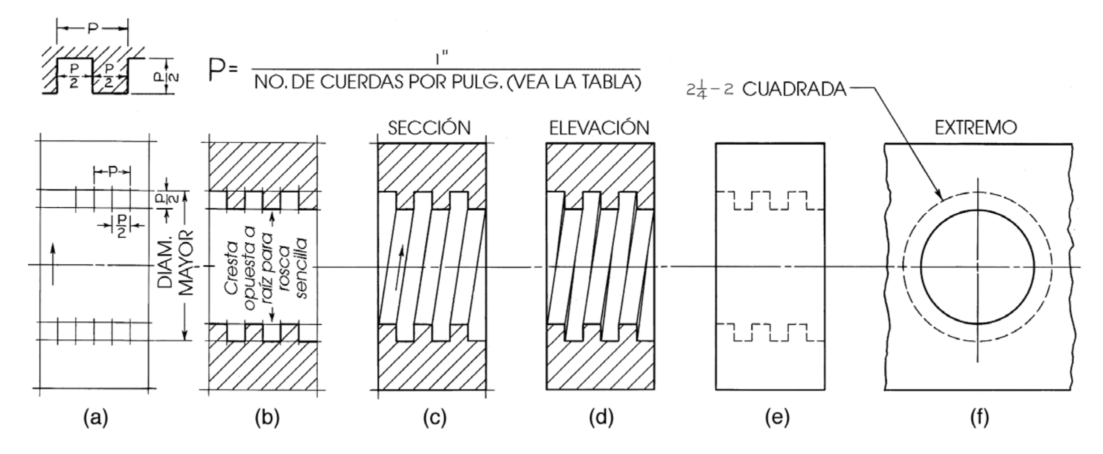
La representación detallada de roscas ACME se usa sólo para llamar la atención cuando los detalles de la cuerda son importantes y el diámetro mayor en el dibujo es mayor a 1 pulg o 25 mm. Los pasos son los siguientes (figura 12.14):

1. Trace una línea central y configura la longitud y el diámetro mayor de la rosca (figura 12.14a). Determine P al dividir 1 entre el número de cuerdas por pulgada (vea el apéndice 22). Trace líneas de construcción para el diámetro de raíz, haciendo la profundidad de rosca P/2. Trace líneas de construcción en el punto medio entre las directrices de la cresta y la raíz.

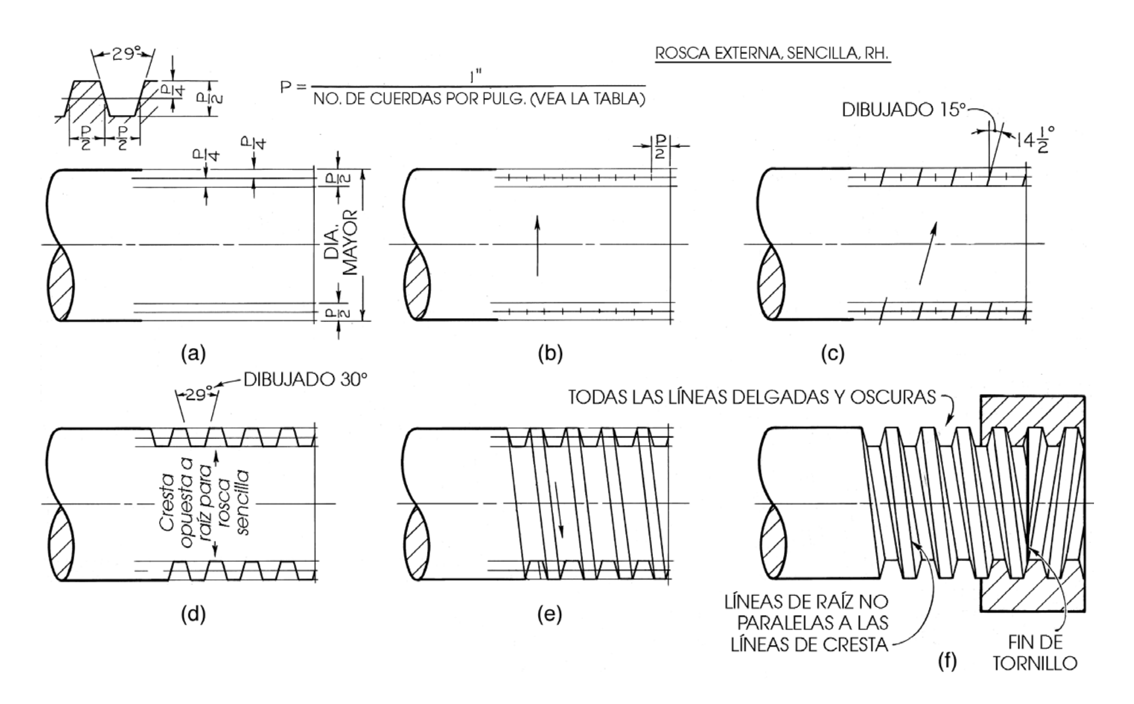
■ **FIGURA 12.11** ■ Representación detallada: roscas métrica interna, unificada y americana.







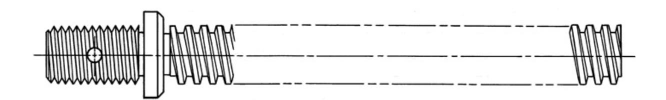
■ **FIGURA 12.13** ■ Representación detallada: roscas cuadradas internas.



■ **FIGURA 12.14** ■ Representación detallada: roscas ACME.

2. Deje espacios en medio de las líneas de construcción (figura 12.14b).
3. A través de puntos alternados, trace líneas de construcción para los lados de las roscas a 15 grados (en lugar de 14-1/2 grados) (figura 12.14c).
4. Trace líneas de construcción para los otros lados de las roscas (figura 12.14d). Para las roscas sencillas y triples, una cresta se opone a una raíz, mientras que en las roscas dobles y cuádruples una cresta se opone a otra. Termine las partes superior e inferior de las roscas.
5. Haga líneas de cresta paralelas (figura 12.14e).
6. Trace líneas de raíz paralelas y termine los perfiles de las roscas (figura 12.14f). Todas las líneas deben ser delgadas y oscuras. Las roscas internas en la parte trasera de la tuerca tendrán una pendiente en dirección opuesta a las roscas externas del lado frontal del tornillo.

Las vistas de los extremos de ejes y orificios con rosca ACME se dibujan de la misma manera que para las roscas cuadradas (figuras 12.12 y 12.13).



■ **FIGURA 12.15** ■ Uso de líneas fantasmas.

12.16 ■ USO DE LÍNEAS FANTASMAS

Utilice líneas fantasmas para ahorrar tiempo durante la representación de elementos idénticos (figura 12.15). Los ejes roscados y resortes pueden acortarse sin usar rompimientos convencionales, pero deben dimensionarse de manera correcta. Las líneas fantasmas no se utilizan mucho excepto en dibujos de detalle.

12.17 ■ ROSCAS EN ENSAMBLES

La figura 12.16 muestra roscas en un dibujo de ensamble. Existe la costumbre de no seccionar un perno, una tuerca o cualquier parte sólida a menos que sea necesario para mostrar algunas formas internas. Cuando las roscas externa e interna se seccionan en un ensamble, se requieren las V para mostrar la conexión roscada.

12.18 ■ ROSCAS PARA TUBERÍA DEL ESTÁNDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE

El Estándar Nacional Estadounidense (*American National Standard*) para roscas de tubería, conocido originalmente como el estándar Briggs, fue elaborado por Robert Briggs en 1882. Se han aprobado dos tipos generales de roscas de tubería como Estándar Nacional Estadounidense: las de *tubería ahusadas* y las de *tubería rectas.*

La figura 12.17 muestra el perfil de la rosca de tubería ahusada; su ahusamiento es 1 en 16, o .75″ por pie medido sobre el diámetro y a lo largo del eje. El ángulo entre los lados de la rosca es 60°. La profundidad de la V aguda es .8660 pulg, y la profundidad máxima básica de la rosca es .800 pulg. Los diámetros de paso básicos, E_0 y E_1, y la longitud básica de la rosca externa efectiva, L_2, se determinan mediante las fórmulas:

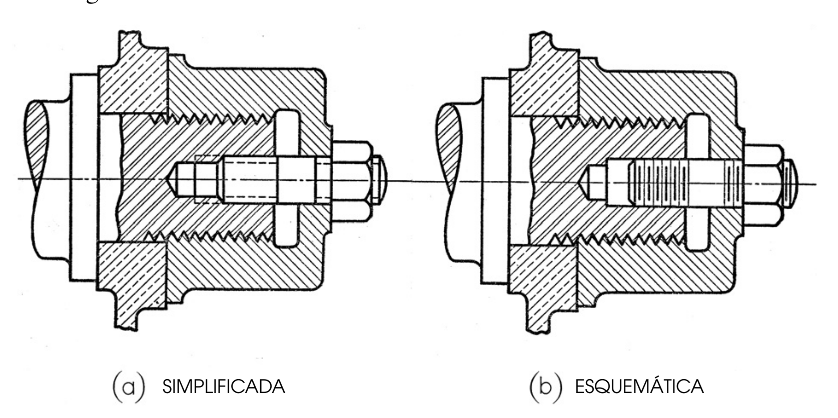
$$E_0 = D - (.050D + 1.1)1/n$$

$$E_1 = E + .0625L_1$$

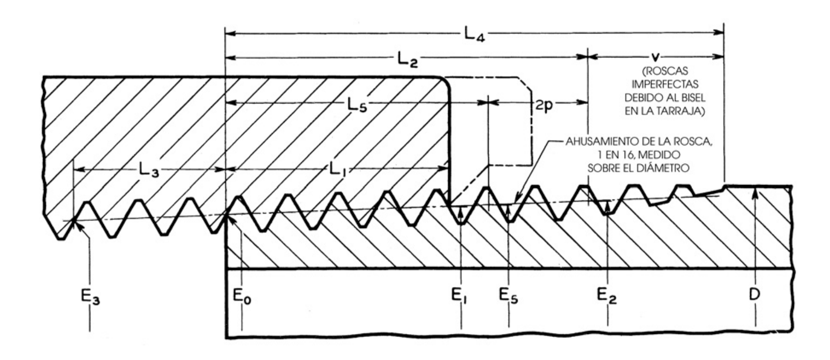
$$L_2 = (.80D + 6.8)1/n$$

Donde D = diámetro exterior básico de la tubería, E_0 = diámetro de paso de la rosca en el extremo de la tubería; E_1 = diámetro de paso de la rosca en el extremo grande de la rosca interna; L_1 = acoplamiento normal a mano y n = número de roscas de pulgada.

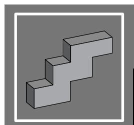
ANSI también recomienda dos roscas de tubería ahusadas modificadas para juntas ajustadas a presión con sellado en seco (ahusamiento de .880 por pie) y juntas de entrecarril. La primera se utiliza para juntas entre metal y metal, lo que elimina la necesidad de un sellador, y se uti-



■ **FIGURA 12.16** ■ Roscas en ensamble.



■ **FIGURA 12.17** ■ Rosca de tubería ahusada del Estándar Nacional Estadounidense [ANSI/ASME B1.20.1-1983 (R1992)].

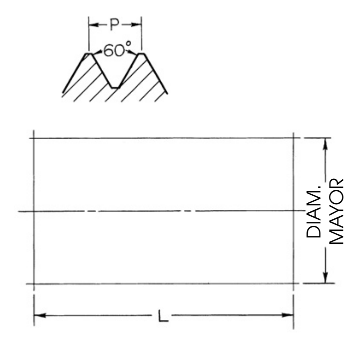


Paso a paso 12.1



Presentación detallada de roscas

1. Trace una línea central y establezca la longitud y el diámetro mayor como se muestra a continuación:



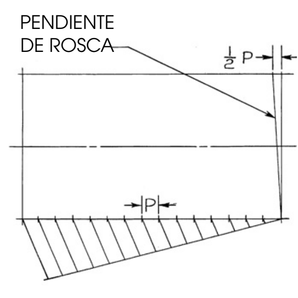
2. Encuentre el número de cuerdas por pulgada en el apéndice 15 para las roscas nacional estadounidense y unificada. Este número depende del diámetro mayor de la rosca y de si la rosca es interna o externa.

   Encuentre P (el paso) al dividir 1 entre el número de cuerdas por pulgada. El paso para las roscas métricas se da en forma directa en la designación de la cuerda. Por ejemplo, la rosca M14 × 2 tiene un paso de 2 mm.

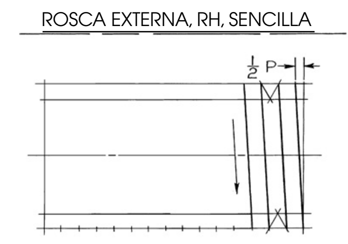
   Establezca la pendiente de la rosca al compensar la línea de pendiente .5P para roscas sencillas, P para roscas dobles, 1.5P para roscas triples, etcétera. Para las roscas derechas externas, la línea de pendiente es ascendente hacia la izquierda; para las roscas externas izquierdas, la línea de pendiente es ascendente hacia la derecha.

   A simple vista, marque el espaciado para el paso. Si se utiliza CAD, haga una sola rosca y disponga las líneas usando el paso como el espaciado, como se muestra a continuación:



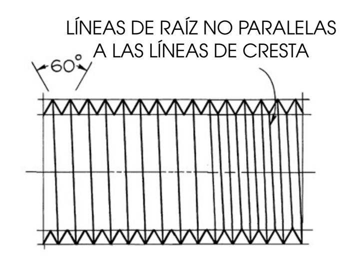


3. A partir de los puntos de paso, haga líneas de cresta paralelas a la línea de pendiente; éstas deben ser oscuras y delgadas. Haga dos V para establecer la profundidad de rosca y bosqueje líneas guía finas para la raíz de la rosca como se muestra en la figura.

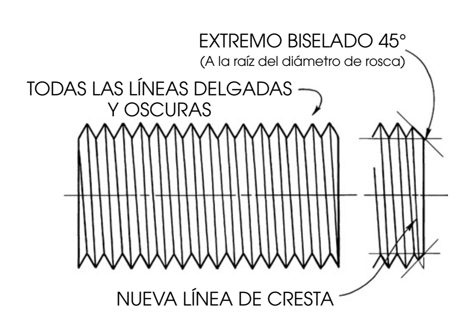


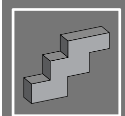
4. Termine las V finales a 60 grados. Las V deben ser verticales; y no deben interferir con la rosca.

   Trace líneas de raíz como se muestra a continuación. Las líneas de raíz no serán paralelas a las líneas de cresta, pero deberán ser paralelas entre sí.



5. Cuando el extremo está biselado (usualmente 45 grados con el extremo del eje, algunas veces 30 grados), el bisel se extiende hasta la profundidad de rosca. El bisel crea una nueva línea de cresta, la cual se traza entre los dos nuevos puntos de cresta y no es paralela a las otras líneas de cresta. Cuando se terminan, todas las líneas de cresta deben mostrarse delgadas y oscuras.



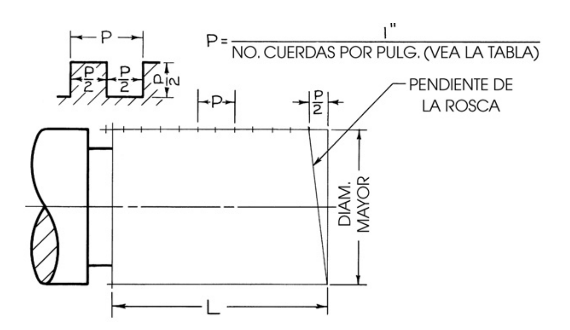


Paso a paso 12.2

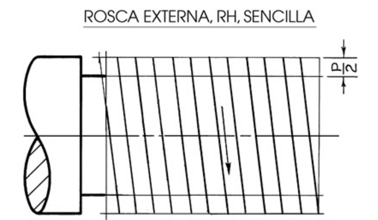
Representación detallada de roscas cuadradas

La representación detallada de roscas cuadradas externas sólo se utiliza cuando el diámetro exterior es mayor a 1 pulg o 25 mm y es importante mostrar el detalle de la rosca en el bosquejo terminado o dibujo impreso. Los pasos para crear roscas cuadradas detalladas son los siguientes:

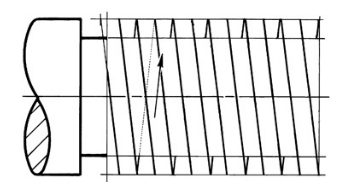
1. Trace una línea central y establezca la longitud y el diámetro mayor de la rosca. Determine P dividiendo 1 entre el número de cuerdas por pulgada (vea el apéndice 22). Para una rosca RH sencilla, las líneas de pendiente son ascendentes hacia la izquierda, y la línea de pendiente se compensa como para todas las roscas sencillas de cualquier forma. Sobre la línea superior, utilice el espaciado igual a P/2, como se muestra en la figura:



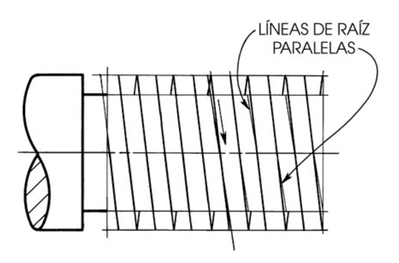
2. A partir de los puntos sobre la línea superior, dibuje líneas guía para la raíz de la rosca, haga la profundidad como se muestra a continuación:



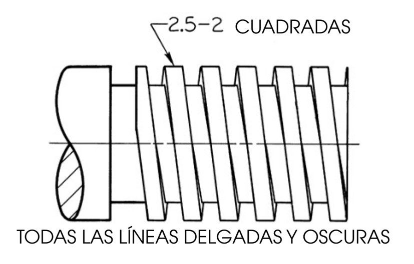
3. Trace los bordes traseros visibles de las roscas.

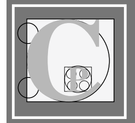


4. Dibuje las líneas paralelas de raíz visibles.



5. Todas las líneas deben ser delgadas y oscuras.



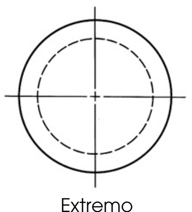


Consejo práctico



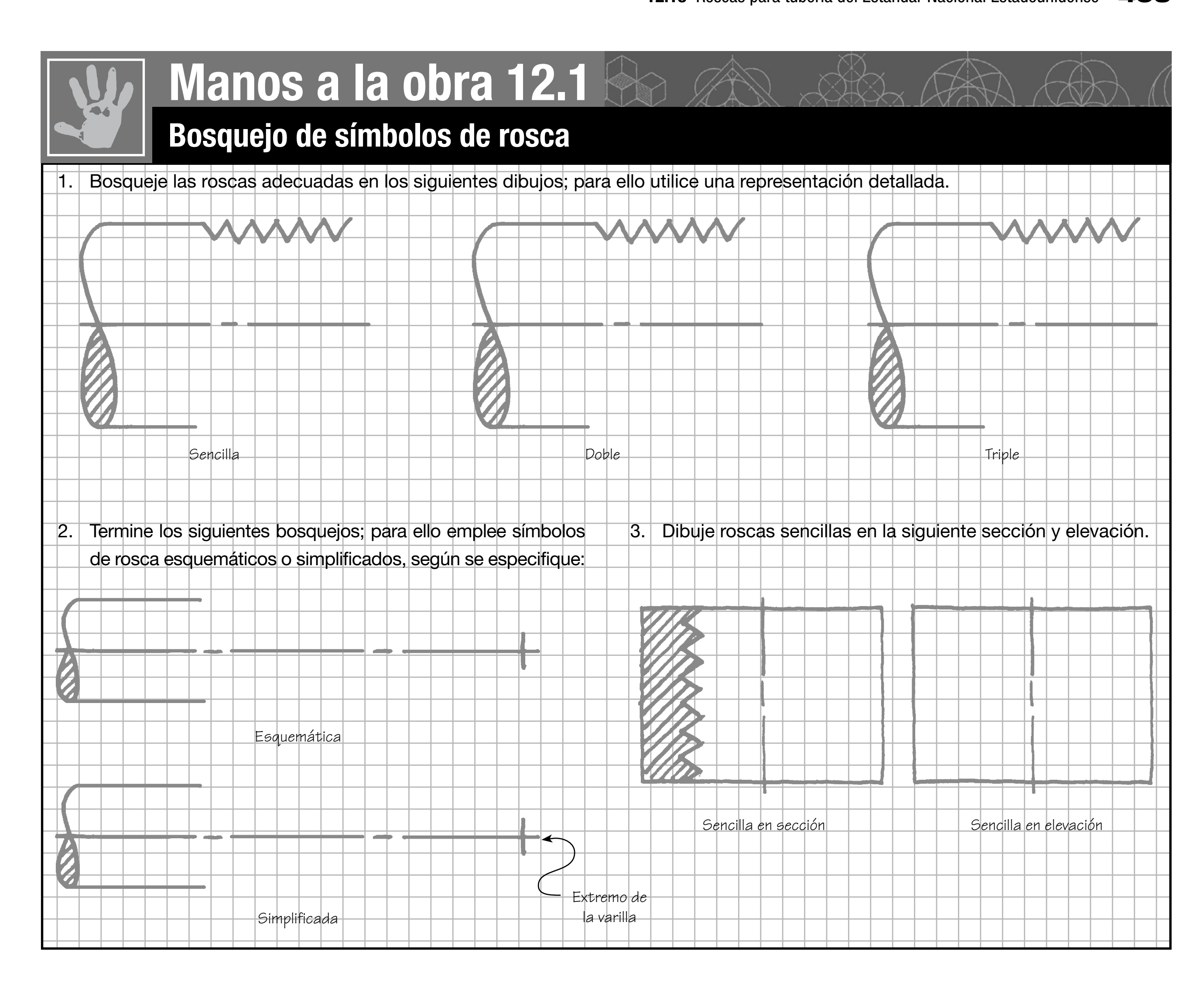
Vista del extremo de un eje

A continuación se muestra la vista del extremo del eje ilustrado en el Paso a paso 12.2. Observe que el círculo de raíz está oculto; no se hace ningún intento de mostrar la proyección verdadera.



Extremo

Si el extremo de un eje está biselado, se debe dibujar un círculo sólido en lugar del círculo oculto.

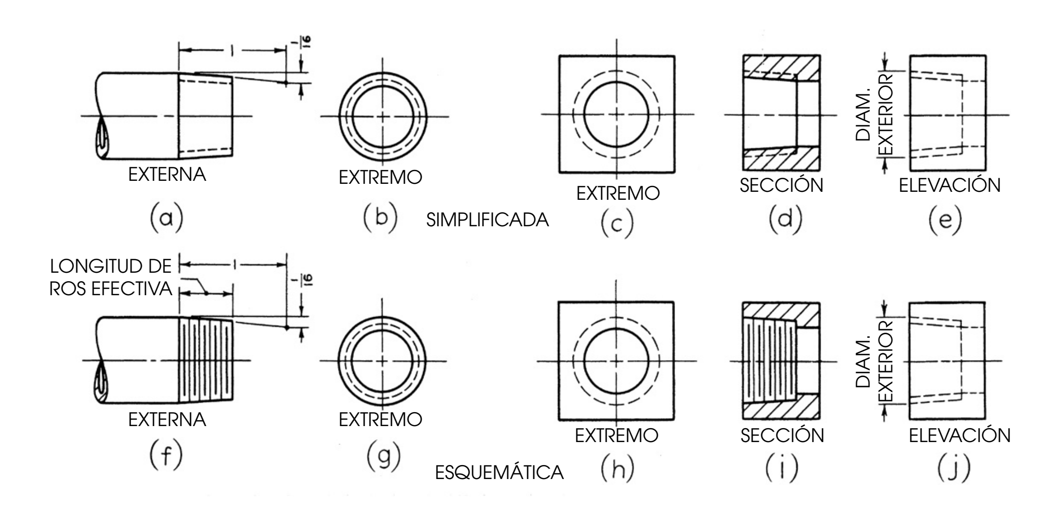


liza en refrigeración, ingeniería marina, automóviles, aviones y trabajos de artillería. La segunda se utiliza para proporcionar una junta de rosca mecánica rígida como se requiere en las juntas de entrecarril.

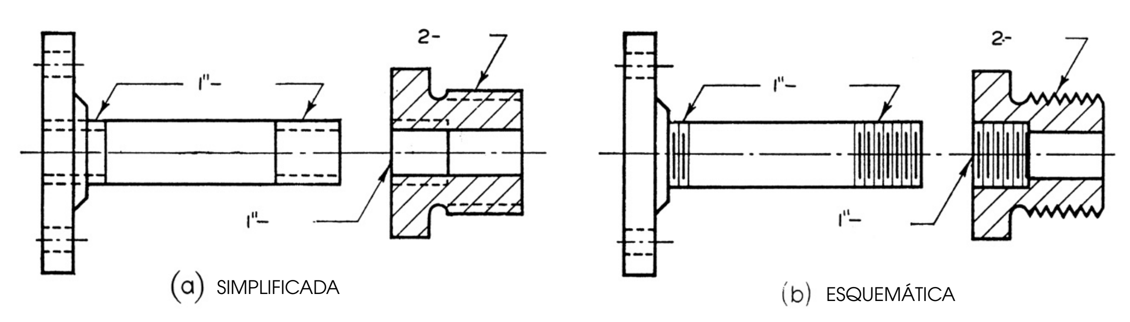
Mientras que las roscas de tubería ahusadas se recomiendan para uso general, existen ciertos tipos de juntas en los que usar roscas para tubería rectas representa una ventaja. El número de cuerdas por pulgada, el ángulo y la profundidad de rosca son las mismas que en la rosca de tubería ahusada, pero las roscas se cortan paralelas al eje. Las roscas de tubería rectas se usan para juntas ajustadas por presión para el acoplamiento de tubos, ajustes de líneas de petróleo o combustible, conexiones de desagüe, juntas mecánicas de ajuste libre para aparatos, juntas mecánicas de ajuste holgado para tuercas de sujeción y juntas mecánicas de ajuste holgado para acoplamientos de mangueras.

Las roscas de tubería se representan mediante métodos detallados o simbólicos de una manera similar a la representación de las roscas unificada y nacional americana. La representación simbólica (esquemática o simplificada) se recomienda para uso general sin importar el diámetro (figura 12.18). El método detallado se recomienda sólo cuando las roscas son grandes y cuando se desea mostrar el perfil de la rosca, como por ejemplo, en una vista de sección de un ensamble.

Como la figura 12.18 lo muestra, no es necesario dibujar el ahusamiento en las roscas a menos que exista una razón para enfatizarlo, puesto que la nota de la rosca indica si ésta es recta o ahusada. Si se desea mostrar el ahusamiento, éste debe exagerarse (figura 12.19), donde el ahusamiento se dibuja 1/16 pulg. por 1 pulg. *sobre el radio* (o 6.75 pulg. por 1 pie sobre el diámetro) en lugar del ahusamiento real de 1/16 pulg. sobre el diámetro. Las roscas de tubería ahusadas del estándar nacional estadounidense se indican mediante una nota que proporciona el diámetro seguido por las letras NPT (ahusamiento de tubería nacional o *national pipe taper*, figura 12.19). Cuando se especifican las roscas de tubería rectas, se utilizan las



■ **FIGURA 12.18** ■ Representación convencional de roscas para tubería.



■ **FIGURA 12.19** ■ Representación convencional de roscas para tubería.

letras NPS (tubería recta nacional o *national pipe straight*). En la práctica, normalmente en la nota de la rosca no se proporciona el tamaño del taladro.

12.19 ■ PERNOS, TACHONES Y TORNILLOS

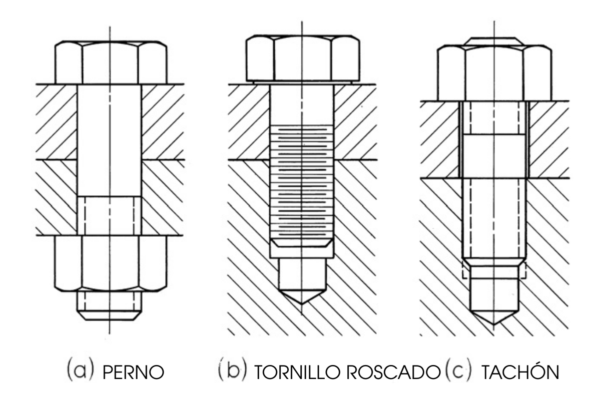
El término ***perno*** se usa por lo general para penetrar en una perforación, la cual es una pieza metálica cilíndrica que tiene una cabeza en un extremo, esto es; se pasa a través de orificios de holgura en dos o más partes alineadas, y está roscado en el otro extremo para recibir una tuerca y así apretar y sujetar las partes unidas (figura 12.20a).

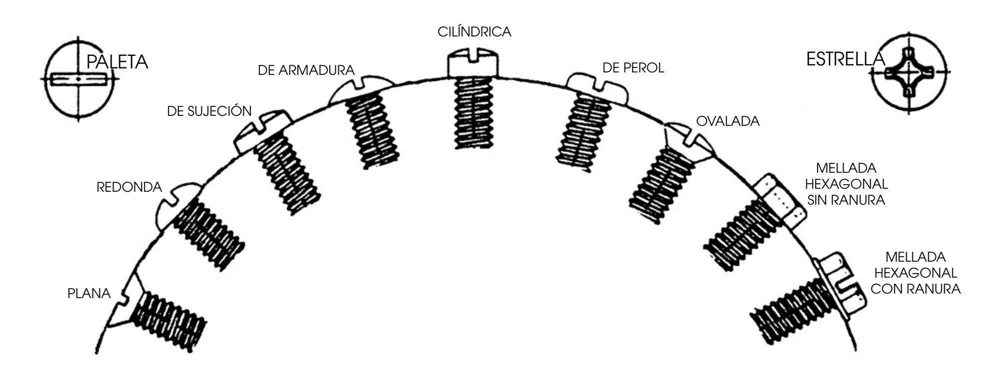
Un ***tornillo roscado*** de cabeza hexagonal (figura 12.20b), es similar a un perno excepto que a menudo tienen una longitud de rosca más grande. Se utiliza frecuentemente cuando una de las partes que se sujetan juntas está roscada para actuar como una tuerca. El tornillo roscado se atornilla con una llave de torsión. Cuando se desea obtener fortaleza, los tornillos roscados no se atornillan en materiales delgados.

Un ***tachón*** (figura 12.20c), es una varilla de acero roscada en uno o ambos extremos. Si está roscado en los dos extremos, se atornilla en su lugar con una llave Stilson o una llave de tachones. Si está roscado en un extremo, su ajuste en el sitio es forzado. Como regla general, un tachón se pasa a través de un orificio de holgura en un elemento, se atornilla en el otro elemento y utiliza una tuerca en el extremo libre, como se muestra en la figura.

Un ***tornillo de máquina*** es similar a un tornillo roscado con cabeza ranurada, pero generalmente es más pequeño. Puede usarse con o sin tuerca. La figura 12.21 muestra varios tipos de cabeza de tornillo.

■ **FIGURA 12.20** ■ Perno, tornillo roscado y tachón.





■ **FIGURA 12.21** ■ Tipos de cabezas de tornillo.

Un ***tornillo de ajuste*** es un tornillo, con o sin cabeza, que se atornilla a través de un elemento y cuya punta especial se forza contra otro para evitar el movimiento de las dos partes.

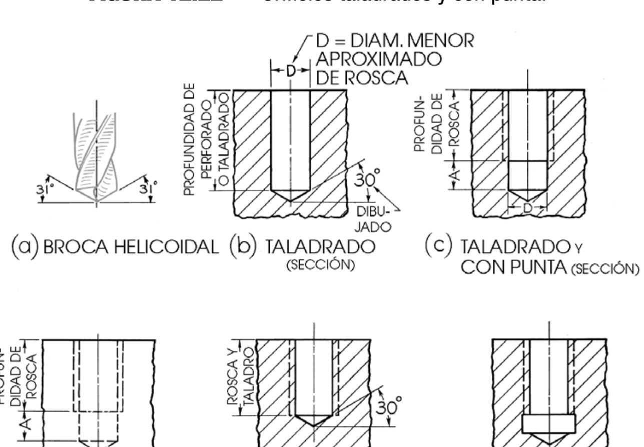
Los pernos, tuercas, tornillos y otras partes similares no deben seccionarse en los dibujos de ensamble porque no tienen ningún detalle interior que necesite mostrarse.

12.20 ■ ORIFICIOS CON PUNTA

El fondo de un orificio perforado, formado por la punta de un taladro, tiene la forma de un cono (figuras 12.22a y 12.22b). Cuando un taladro ordinario se usa para hacer orificios que tendrán una punta de este tipo, se conoce como taladro con punta. Cuando se dibuje la punta de la broca, utilice un ángulo de 30 grados para aproximar la pendiente real de la punta de la broca (que es de 31 grados).

La longitud de rosca es la longitud de las roscas completas o perfectas. La profundidad de taladro no incluye la punta en forma de cono de la broca. En las figuras 12.22c y 12.22d, la profundidad de taladro mostrada más allá de las roscas (con la etiqueta A) incluye algunas roscas imperfectas producidas por el extremo biselado de la broca. Esta distancia varía de acuerdo con el tamaño del taladro y si se utiliza o no una punta de conexión o punta de fondo para terminar el orificio.

■ **FIGURA 12.22** ■ Orificios taladrados y con punta.



La figura 12.22e muestra un dibujo de un orificio que tiene una punta de fondo. Los orificios ciegos con punta de fondo son difíciles de formar y siempre que sea posible deben evitarse. En lugar de éste se utiliza un relieve con su diámetro un poco más grande que el diámetro mayor de la rosca (figura 12.22f). En el apéndice 15 pueden encontrarse tamaños de taladro con punta para las roscas unificada, nacional estadounidense y métrica. Los tamaños de taladro con punta y sus longitudes deben darse en la nota de rosca, pero por lo general se deja que sea el fabricante quien los determine. Como la longitud de rosca contiene únicamente roscas completas, es necesario hacer esta longitud sólo uno o dos pasos más allá del extremo del acoplamiento del tornillo. En las representaciones simplificada o esquemática, no muestre roscas en los fondos de orificios con punta, de manera que los extremos de la rosca se observen con claridad (figura 12.19b).

La longitud de rosca en un orificio con punta depende del diámetro mayor y del material en que se encuentra el orificio. La longitud de acoplamiento mínima (X), cuando las dos partes son de acero, es igual al diámetro (D) de la rosca. La tabla 12.1 muestra varias longitudes de acoplamiento para materiales distintos.

12.21 ■ PERNOS Y TUERCAS ESTÁNDAR

Los pernos y las tuercas hexagonales* del Estándar Nacional Estadounidense se producen tanto en tamaños métricos como en pulgadas. Los pernos y tuercas cuadrados (figura 12.23), se producen sólo en tamaños de pulga-

**Los estándares ANSI abarcan varios tipos de pernos y tuercas. Para conocer todos los detalles, consulte los estándares.*



■ **FIGURA 12.23** ■ Pernos y tuercas estándar. *Cortesía de Cordova Bolt, Inc. Buena Park, CA.*

das. Los pernos, tornillos y tuercas métricos también vienen en forma hexagonal. Las cabezas y tuercas cuadradas están biseladas a 30 grados, y las cabezas y tuercas hexagonales tienen un bisel entre 15 y 30 grados, pero por simplicidad se dibujan a 30 grados.

TIPOS DE PERNO Los pernos se agrupan de acuerdo con la necesidad y su uso: los regulares para uso general y los pesados para el uso más rudo o un mejor agarre de llave. Los pernos cuadrados vienen sólo en tipo regular; los pernos, tornillos y tuercas hexagonales y las tuercas cuadradas están disponibles tanto en el tipo regular como en el pesado.

Los pernos hexagonales métricos se agrupan de acuerdo con el uso: los pernos y tuercas regulares y pesados para el servicio general y los pernos y tuercas de alta fortaleza para los ajustes estructurales.

TERMINADO Los pernos y las tuercas cuadradas, los pernos hexagonales y las tuercas planas hexagonales *no están terminados*. Los pernos y tuercas sin terminar no reciben maquinado en ninguna de sus superficies excepto en las roscas. Los tornillos de cabeza hexagonal, las roscas hexagonales pesadas y todas las roscas hexagonales (excepto las planas hexagonales), se consideran *terminados* a cierto grado y reciben maquinado en la "cara de la arandela" (R) o una formación en la superficie de contacto. La cara de la arandela tiene un grosor de 1/64 pulg (dibujada a 1/32 pulg para que pueda ser visible en el dibujo impreso), y su diámetro es igual a 1.5 veces el diámetro del cuerpo para la serie en pulgadas.

Para las tuercas, la superficie de contacto también puede ser una superficie circular producida por biselado. Los tornillos y las tuercas hexagonales tienen tolerancias más precisas y una apariencia más terminada, pero no están completamente maquinados. La diferencia en el grado de terminado en tornillos y tuercas no se representa en el dibujo.

PROPORCIONES Las proporciones en pulgadas y milímetros se basan en el diámetro (D) del cuerpo del perno (figura 12.24).



Evitar del rompimiento de punta

Una de las causas principales del rompimiento de punta es la profundidad insuficiente de la punta del taladro; cuando ésta es muy corta, la punta se forza contra una cama de virutas en el fondo del orificio. No especifique un agujero ciego cuando se puede utilizar una perforación de una longitud mayor. Cuando se necesita un agujero ciego, la profundidad del taladro con punta debe ser generosa.

Orificios de holgura

Cuando un perno o tornillo pasa a través de un hoyo de holgura, a menudo el orificio se taladra 0.8 mm (1/32″) más grande que el tornillo cuando el diámetro de éste es de 3/8″ (10 mm), y 1.5 mm (1/16″) más grande para diámetros mayores. Para trabajos precisos, el orificio de holgura puede ser sólo 0.4 mm (1/64 mm) más grande que el tornillo cuando el diámetro de éste es de hasta 3/8″ (10 mm), y 0.8 mm (1/32″) más grande para diámetros mayores.

Pueden especificarse ajustes más precisos para condiciones especiales. Los espacios de holgura en cada lado de un tornillo o perno no se muestran en un dibujo a menos que sea necesario mostrar con claridad que no existe acoplamiento de rosca. Cuando esto sucede, los espacios de holgura deben dibujarse con una anchura de alrededor de 1.2 mm (3/64″).

Para los pernos y roscas hexagonales y cuadrados regulares, las proporciones son:

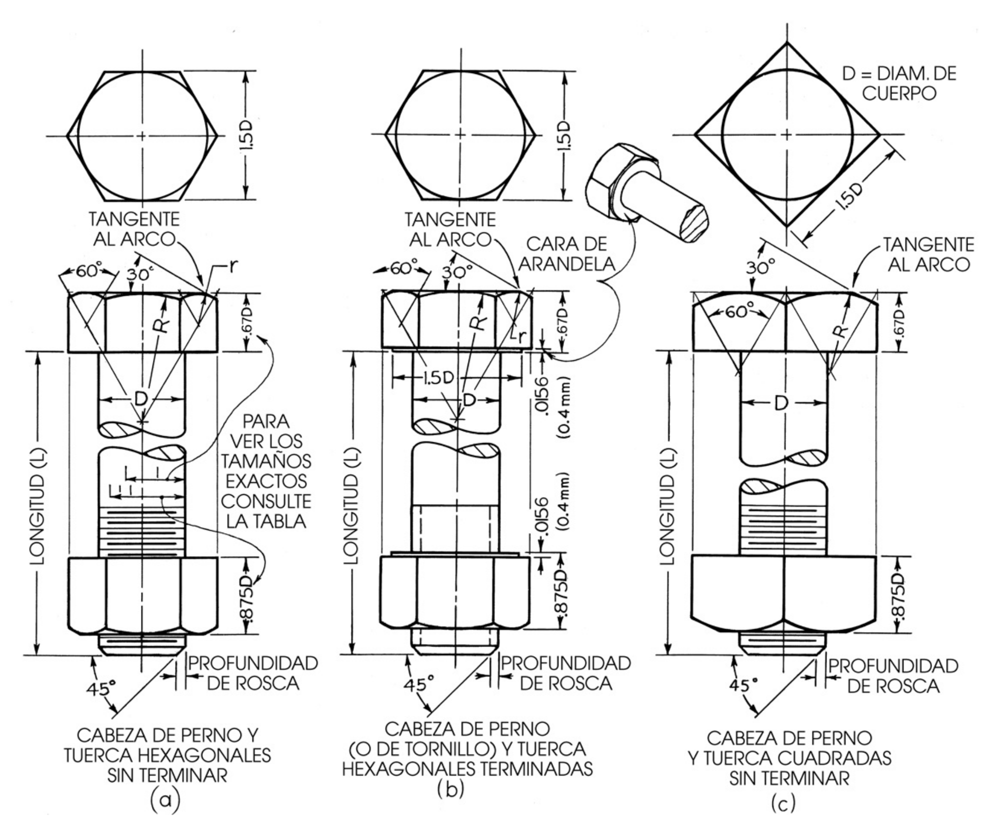
$$W = 1 - 1/2D \quad H = 2/3D \quad T = 7/8D$$

Donde W = anchura entre planicies, H = altura de cabeza y T = altura de rosca.

Para los pernos y tuercas pesadas y las tuercas cuadradas, las proporciones son:

$$W = 1 - 1/2D + 1/8'' \text{ (or } + 3\text{ mm)}$$
$$H = 2/3D \qquad T = D$$

Para las cabezas de tornillo y tuercas hexagonales terminadas, la cara de la arandela siempre se incluye en la altura de la cabeza o de la tuerca.



■ **FIGURA 12.24** ■ Proporciones de perno (regular).

Material del tornillo	Material de las partes	Acoplamiento de rosca
acero	acero	*D*
acero	hierro fundido	1-1/2*D*
acero	latón	
acero	bronce	
acero	aluminio	2*D*
acero	zinc	
acero	plástico	

TABLA 12.2 ■ Longitudes de acoplamiento de la rosca para diferentes materiales.

Roscas Los pernos hexagonales y cuadrados, los tornillos hexagonales y las tuercas terminadas en la serie de pulgadas son por lo general de Clase 2 y pueden tener roscas gruesas, finas o de paso 8. Las tuercas sin terminar tienen roscas gruesas y son de clase 2B. Para ver las especificaciones de diámetro y paso para las roscas métricas, consulte el apéndice 18.

LONGITUDES DE ROSCA *Para pernos o tornillos de hasta 6" (150 mm) de longitud:*

Longitud de rosca = 2*D* + 1/4" (ó + 6 mm).

Para pernos o tornillos por encima de 6″ *de longitud,*

Longitud de rosca = 2*D* + 1/2" (ó + 12 mm).

Los sujetadores demasiado cortos para estas fórmulas se roscan tan cerca de la cabeza como resulte práctico. Para propósitos de dibujo, use aproximadamente tres pasos. El extremo roscado puede estar redondeado o biselado, pero por lo general se dibuja con un bisel de 45 grados a partir de la profundidad de rosca (figura 12.24).

LONGITUDES DE PERNO Las longitudes de los pernos no se han estandarizado por la gran variedad requerida de éstas por la industria. Los pernos cortos están disponibles de manera típica en incrementos de 1/4 pulg (6 mm), mientras que los pernos largos vienen en incrementos desde 1/2 hasta 1 pulg (12 a 25 mm). Para ver dimensiones de pernos y tuercas estándar, consulte el apéndice 18.

12.22 ■ DIBUJO DE PERNOS ESTÁNDAR

Los dibujos de detalle muestran toda la información necesaria para definir la forma, el tamaño, el material y el terminado de una parte. Por lo general, los pernos y tuercas

Nota sobre Gráficos

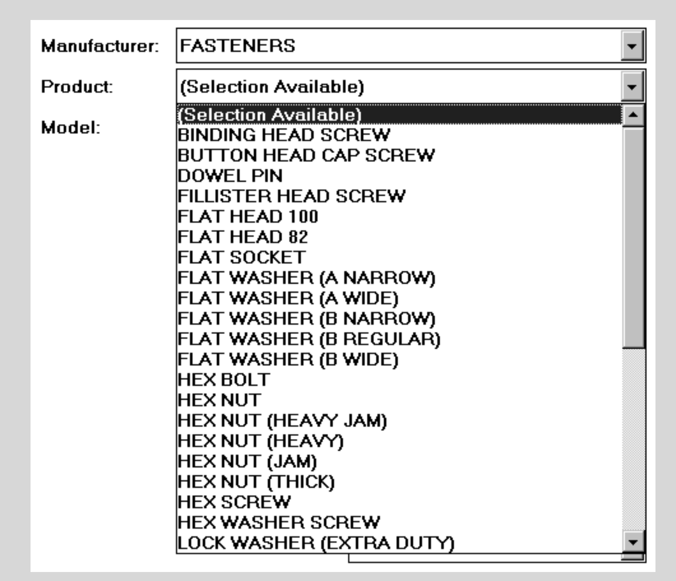
Bibliotecas de sujetadores

LOS INGENIEROS PASAN VEINTE HORAS AL MES REDIBUJANDO PARTES

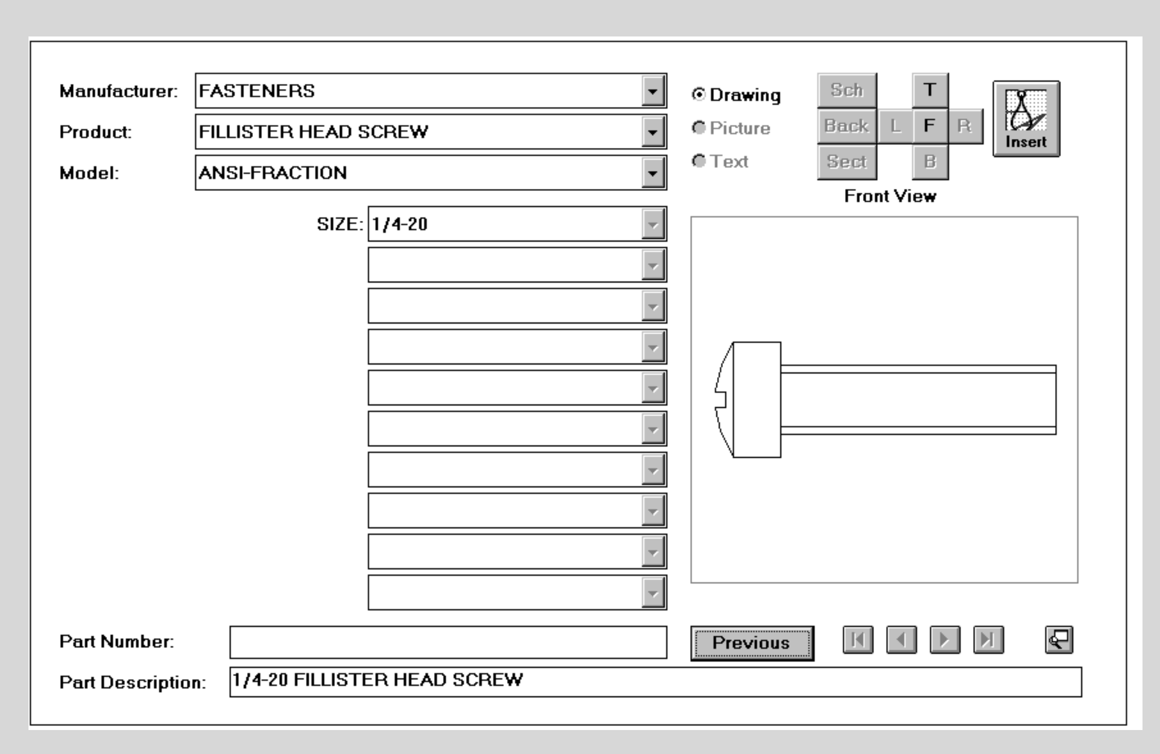
Muchos ingenieros pasan hasta veinte horas por mes dibujando partes estándar o de proveedores externos una y otra vez; necesitan mostrar cómo se ajustan las partes en un ensamble o especificar cuál es la parte que debe usarse. Utilizar una biblioteca de estas partes estándar puede ahorrar mucho tiempo en la creación de dibujos y especificaciones de ingeniería. Algunos proveedores proporcionan gratuitamente representaciones mediante folletos de sus partes en un formato de dibujo estándar. En Web existen muchos recursos disponibles; además, es posible comprar bibliotecas de símbolos estándar.

MILES DE PARTES DISPONIBLES EN PARTSPEC

Una fuente de dibujos de sujetadores y partes de proveedor estándar es el software Thomas Registers PartSpec, una aplicación que corre con AutoCAD y otros programas de CAD. Puede utili-



(A)



(B)

zarse para buscar en una base de datos que contiene miles de partes en dos CD-ROMs. La figura A muestra la ventana de PartSpec con una selección de sujetadores estándar.

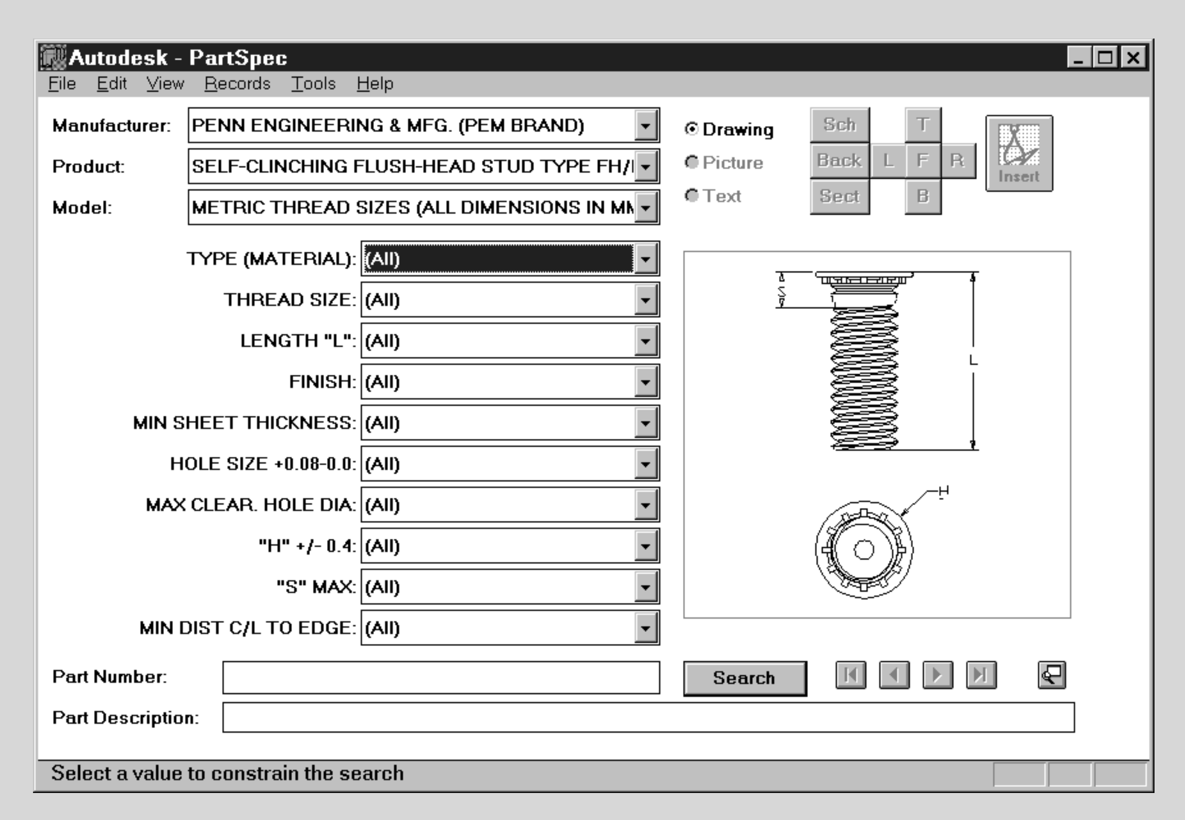
Como puede verse en la figura B, es posible seleccionar entre distintas bibliotecas y bases de datos de fabricantes estándar. Una vez que se ha seleccionado una biblioteca o fabricante, se puede elegir dibujos de la lista de productos y modelos disponibles en la base de datos de PartSpec. La figura B muestra un tornillo de cabeza cilíndrica modelo ANSI-fracción, tamaño 1/4.20. En la parte derecha del cuadro de diálogo se muestra un dibujo de la vista frontal del tornillo. Si se desea insertar esa vista en el dibujo de AutoCAD actual se puede hacer clic en el icono “Insert” ubicado arriba a la derecha. Para seleccionar otra de las vistas disponibles se puede seleccionar alguno de los botones T, F, B, L, R, Back, Sch y Sect para obtener la vista deseada. Los dibujos proporcionados con PartSpec cumplen con varios estándares para asegurar que sean utilizables.

Dibujos del fabricante e información de la orden

En la base de datos de PartSpec están representados más de veinte fabricantes. El usuario puede seleccionar un fabricante disponible en la lista, y después elegir un producto y un modelo o tipo particular en un número de parte o descripción usados para buscar en la base de datos. También puede hacerse una búsqueda más refinada mediante el uso de información detallada adecuada para la parte. Una vez que se ha seleccionado la parte se puede obtener información para ordenarla o especificaciones del fabricante en formato de texto. La figura C muestra un tachón de autosujeción con cabeza al ras fabricado por Penn Engineeering.

Ahorre tiempo en la búsqueda de datos del material con MaterialSpec

PartSpec tiene una contraparte para la especificación de materiales, llamada MaterialSpec. Es una base de datos en formato de texto, contenida en un CD-ROM, donde es posible buscar materiales de cinco categorías: plásticos, metales, compuestos, cerámicas y especificaciones militares (MILS). Los materiales se pueden elegir por tipo, fabricante, nombre de parte o descripción de número, propiedad o aplicación. Las aplicaciones de complemento pueden proporcionar un recurso muy valioso para la ingeniería. Una de las ventajas más grandes de utilizar CAD es que los dibujos pueden reutilizarse, reescalarse o reorientarse para diferentes propósitos, lo que produce valiosos ahorros de tiempo. Se debe recordar que la red también es un recurso ingenieril valioso para a elaboración de dibujos y la obtención de información sobre materiales.



(C)

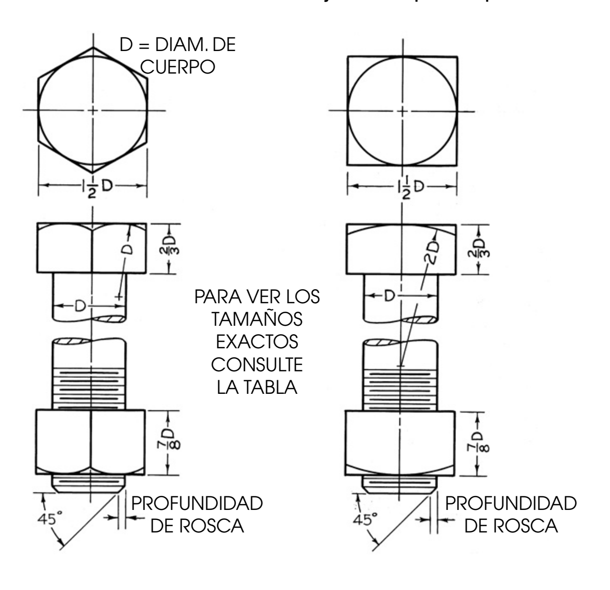
estándar no necesitan dibujos de detalle, a menos que vayan a ser alterados (por ejemplo, al tener que agregar una ranura en el extremo de un perno), porque usualmente son partes en existencia que se pueden comprar con facilidad. También es frecuente que éstos se deban mostrar en dibujos de ensamble, los cuales se estudiarán en el capítulo 13.

Existen plantillas que ayudan al diseñador a agregar pernos con rapidez a los bosquejos o, si la precisión es importante, es posible utilizar las dimensiones del apéndice 18, como en el momento de definir holguras. En la mayoría de los casos resulta suficiente una representación rápida, donde las proporciones se basan en el diámetro del cuerpo. La figura 12.24 muestra tres pernos típicos que ilustran el uso de estas proporciones.

Muchos sistemas CAD tienen bibliotecas de partes que pueden usarse para agregar una amplia variedad de tuercas y pernos a los dibujos. Con frecuencia, estos símbolos se basan en un diámetro de 1 pulg, de manera que se les pueda asignar con rapidez una escala para insertarlos. Otros sistemas solicitan el diámetro y la longitud, y crean un símbolo de acuerdo con las especificaciones dadas. En los modelos tridimensionales, cuando se representan roscas y pernos, la rosca se muestra sólo en ocasiones muy raras porque esto modifica la complejidad y el tamaño del dibujo, además de que es difícil de modelar. La especificación de rosca se anota en el dibujo.

Por lo general, las cabezas y tuercas deben dibujarse "de una esquina a otra" en todas las vistas, sin importar la proyección. Esta violación convencional de la proyección se usa para evitar confusiones entre las cabezas y roscas hexagonales y cuadradas, y para mostrar holguras reales. Las cabezas de pernos y las tuercas deben dibujarse "de plano a plano" sólo cuando exista una razón especial (figura 12.25).

■ **FIGURA 12.25** ■ Pernos dibujados "de plano a plano".



12.23 ■ ESPECIFICACIONES PARA PERNOS Y TUERCAS

Cuando se especifican pernos en listas de partes, escritos o cualquier otro documento, es necesario cubrir la siguiente información:

1. Tamaño nominal del cuerpo del perno.
2. Especificación de la rosca o nota de la rosca.
3. Longitud del perno.
4. Terminado del perno.
5. Estilo de cabeza.
6. Nombre.

EJEMPLO (DECIMAL-PULGADA COMPLETO)

TORNILLO CON CABEZA HEXAGONAL
.75-10 UNC-2A × 2.50

EJEMPLO (DECIMAL-PULGADA ABREVIADO)

TORN CAB HEX .75 × 2.50

EJEMPLO (MÉTRICO)

TORN CAB HEX M8 × 1.25-40

Las tuercas pueden especificarse de la siguiente manera:

EJEMPLO (COMPLETO)

TUERCA CUADRADA 5/8–11 UNC–2B

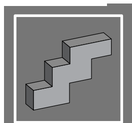
EJEMPLO (ABREVIADO)

5/8 TUER CUAD.

EJEMPLO (MÉTRICO)

TUER CUAD M8 × 1.25

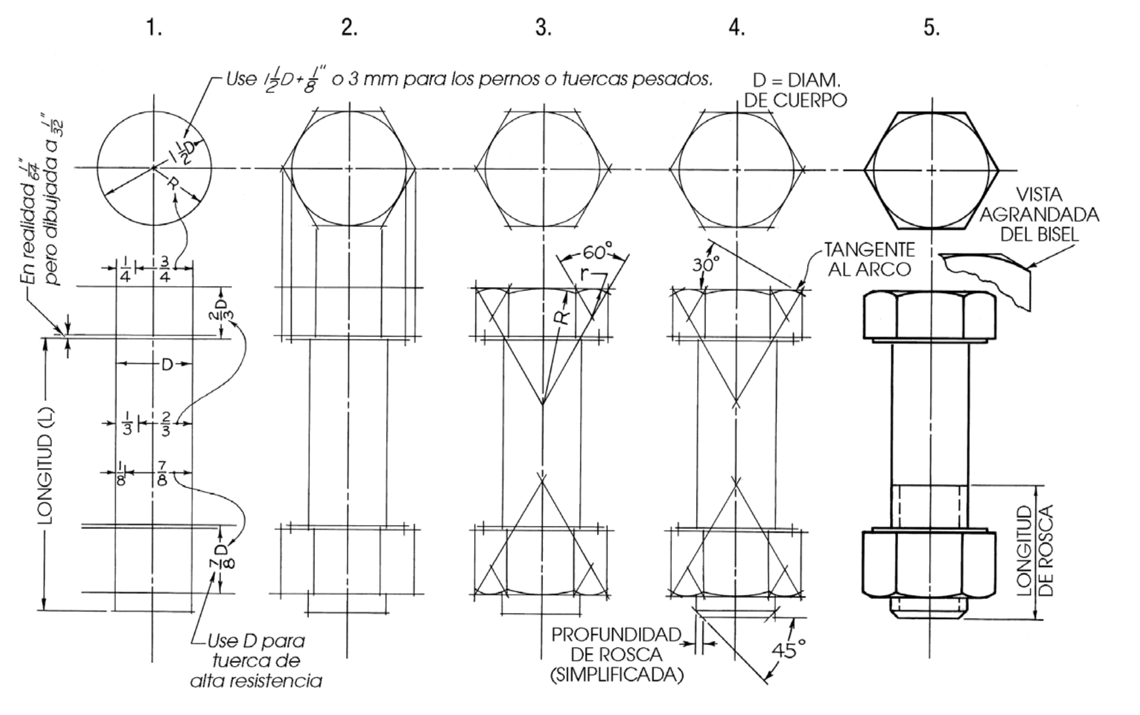
Tanto para los pernos como para las tuercas, se suponen PROPÓSITOS REGULARES O GENERALES cuando éstos no se incluyen en la especificación. Si se trata de hacer referencia a la serie pesada, la palabra PESADA debe aparecer en el nombre del sujetador. Asimismo, debe indicarse ESTRUCTURAL DE ALTA FORTALEZA, para dichos sujetadores métricos. Sin embargo, frecuentemente el número del estándar específico de ISO se incluye en las especificaciones métricas; por ejemplo, TUERCA HEXAGONAL ISO 4032 M12 × 1.75. El terminado no necesita mencionarse si el sujetador o tuerca se expresa de manera correcta.



Paso a paso 12.3

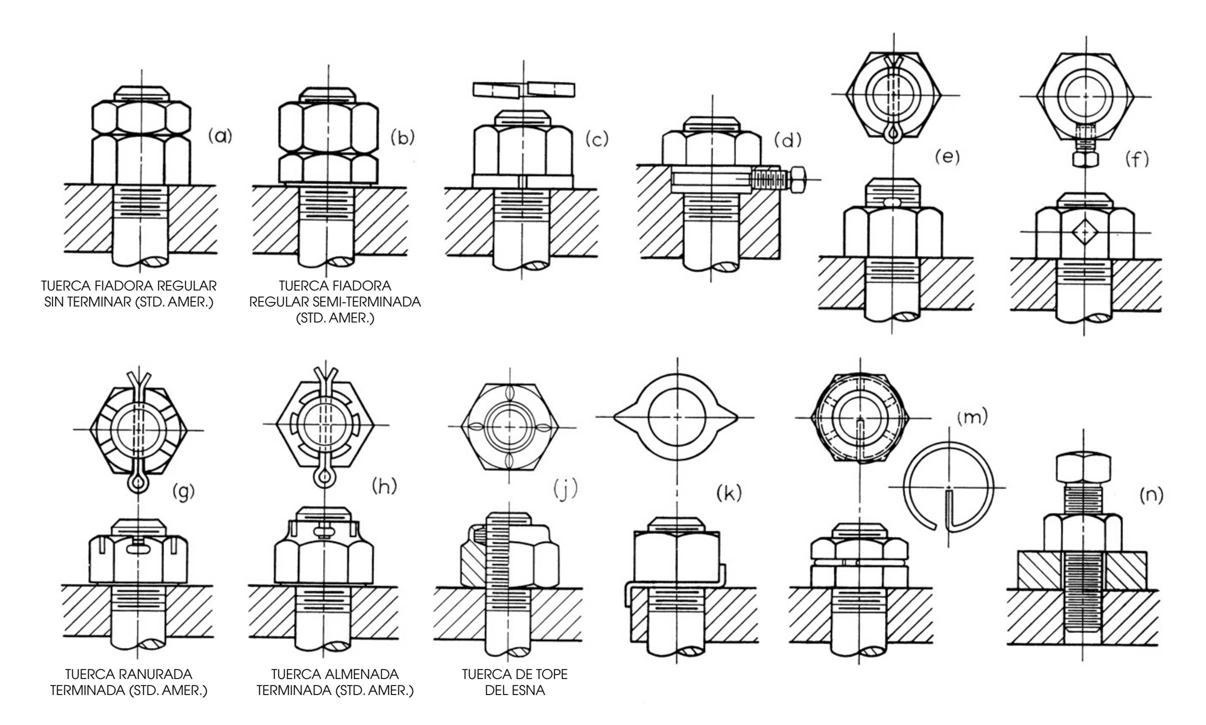
Bosquejo de pernos, tornillos y tuercas

1. Determine el diámetro del perno, la longitud (desde el lado inferior de la superficie de contacto hasta la punta), el estilo de cabeza (cuadrada o hexagonal), el tipo (regular o pesado) y el terminado antes de iniciar el dibujo.
2. Bosqueje finamente la vista superior, donde *D* es el diámetro del perno. Proyecte las esquinas del hexágono o el cuadrado hacia la vista frontal. Bosqueje las alturas de la cabeza y de la tuerca. Si es necesario, agregue 1/64 pulg (0.4 mm) para la cara de la arandela. Su diámetro es igual a la distancia entre los planos de la cabeza de perno o tuerca. Sólo los tornillos o las tuercas hexagonales, métricas y terminadas tienen una cara de arandela. La cara de la arandela tiene 1/64 pulg de grosor, pero por razones de claridad se muestra a 1/32 pulg (1 mm). La altura de la cabeza o tuerca incluye la cara de la arandela.
3. Represente las curvas producidas por el bisel en las cabezas de perno y tuercas como arcos circulares, aunque en realidad sean hipérbolas. En los dibujos de pernos pequeños o tuercas por debajo de 1/2 pulg (12 mm) aproximadamente en diámetro, donde el bisel es muy notable, omita el bisel en la vista rectangular.
4. Dibuje el bisel del extremo roscado del tornillo a 45 grados desde la profundidad de rosca esquemática.
5. Muestre las roscas en forma simplificada o esquemática para diámetros de 1 pulg (25 mm) o menores en el dibujo. La representación detallada se utiliza pocas veces porque esto complica el dibujo y toma demasiado tiempo.



12.24 ■ CONTRATUERCAS Y DISPOSITIVOS DE SUJECIÓN

Existen muchos tipos de tuercas especiales y dispositivos para evitar que se desatornillen, y algunos de las más comunes se muestran en la figura 12.26. Las *tuercas fijadoras* del Estándar Nacional Estadounidense (figura 12.26b), son iguales a las tuercas hexagonales o hexagonales planas, excepto porque son más delgadas. Se recomienda la aplicación que se muestra en la figura 12.26b, donde la tuerca más grande está en la parte superior y se encuentra más apretada. Tienen la misma distancia entre los planos que las tuercas hexagonales correspondientes (1-1/2*D* o 1-1/2*D* + 1/8 pulg). Su grosor está ligeramente encima de 1/2*D* pero se dibuja a 1/2*D* por simplicidad. Existen con o sin la cara de arandela en los tipos regular y pesado. Las partes superiores de todos son planas y biseladas a 30 grados, y las formas terminadas tienen una cara de arandela o una superficie de contacto biselada.



■ **FIGURA 12.26** ■ Contratuercas y dispositivos de sujeción.

La arandela de sujeción (figura 12.26c), y el pasador hendido (figuras 12.26e, 12.26g y 12.26h), son muy comunes (vea los apéndices 27 y 30). El tornillo opresor (figura 12.26f) con frecuencia se fabrica para presionar contra una conexión o un material más suave, como el latón, que a su vez presiona las roscas sin deformarlas. Para el uso con pasadores hendidos (vea el apéndice 30), se recomienda usar una tuerca ranurada hexagonal (figura 12.26g), una tuerca almenada hexagonal (figura 12.26h), una tuerca ranurada gruesa hexagonal o una tuerca ranurada gruesa hexagonal para alta resistencia.

También existen contratuercas y dispositivos de sujeción métricos similares. Para conocer más detalles vea los catálogos de sujetadores.


Reid Tool es una compañía que permite bajar su catálogo completo desde una página de su sitio. Vaya a: **https://reidecom.reidtool.com/xephr/qbe/REID_CAD**

12.25 ■ TORNILLOS PRISIONEROS ESTÁNDAR

La figura 12.27 muestra cinco tipos de tornillos prisioneros del Estándar Nacional Estadounidense. Los primeros cuatro tienen cabezas estándar, mientras que los de cabeza hueca (figura 12.27e), tienen varias formas de cabeza, como redondas y huecas. Los tornillos prisioneros se terminan normalmente y se utilizan en herramientas y máquinas cuando la precisión y la apariencia son importantes. Los rangos de tamaños y las dimensiones exactas se dan en los apéndices 18 y 19. Los tornillos con cabeza hexagonal y con cabeza hueca hexagonal también están disponibles en unidades métricas.

Los tornillos prisioneros pasan de manera ordinaria a través de un orificio de holgura en un miembro y se atornillan en otro. El orificio de holgura no necesita mostrarse en el dibujo cuando la presencia del orificio de holgura sin rosca resulta obvia.

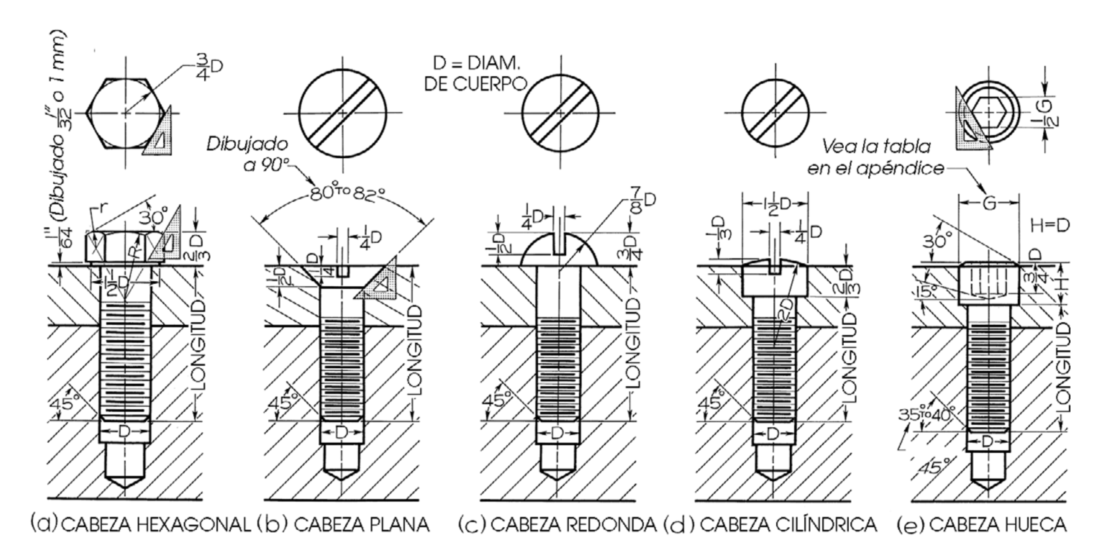
Los tornillos prisioneros son inferiores a los tachones cuando se requiere una remoción frecuente. Se utilizan en máquinas que requieren unos pocos ajustes. Las cabezas ranuradas o huecas se utilizan en condiciones de aglomeración.

Las dimensiones reales pueden usarse en los dibujos de tornillos prisioneros cuando se necesitan tamaños exactos. La figura 12.27 muestra las proporciones en términos del diámetro del cuerpo (D) que se usan comúnmente. Los tornillos con cabeza hexagonal se dibujan de manera similar a los pernos de cabeza hexagonal. Las puntas están biseladas a 45 grados a partir de la profundidad de rosca esquemática.

Observe que las ranuras para el desarmador se dibujan a 45 grados en las vistas circulares de las cabezas, sin importar la proyección real, y que las roscas en el fondo de los orificios con punta se omiten de manera que los extremos de los tornillos puedan verse con claridad. A continuación se presenta una nota típica para un tornillo prisionero:

EJEMPLO (COMPLETO)

TORNILLO CON CABEZA HEXAGONAL
.375-16 UNC-2A × 2.5



■ **FIGURA 12.27** ■ Tornillos prisioneros estándar. Vea los apéndices 18 y 19.

Tornillos de cabeza hexagonal series gruesa, fina o rosca 8, 2A. Longitud de rosca $= 2D + \frac{1}{4}''$ hasta 6″ de longitud y $2D + \frac{1}{2}''$ para una longitud mayor a 6″. Para los tornillos demasiado cortos para aplicar la fórmula, las roscas se extienden hasta $2\frac{1}{2}$ roscas de la cabeza para diámetros de hasta 1″. Las longitudes de los tornillos no están estandarizadas. Si desea ver longitudes sugeridas para tornillos de cabeza hexagonal métricos, consulte el apéndice 15.

Tornillos de cabeza ranurada series gruesa, fina o rosca 8, 2A. Longitud de rosca $= 2D + \frac{1}{4}''$. Las longitudes de los tornillos no están estandarizadas. Para los tornillos demasiado cortos para aplicar la fórmula, las roscas se extienden hasta $2\frac{1}{2}$ roscas de la cabeza.

Tornillos de cabeza hueca hexagonal roscas gruesa o fina, 3A. Longitud de rosca gruesa $= 2D + \frac{1}{2}''$ donde ésta debe ser mayor a $\frac{1}{2}$L; donde ésta debe ser mayor a rosca $= \frac{1}{2}$L. en caso contrario, la longitud de rosca $= \frac{1}{2}$L. Longitud de rosca fina $= 1\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}''$ donde ésta debe ser mayor a $\frac{3}{8}$L; en caso contrario, la longitud de rosca $= \frac{3}{8}$L. Los incrementos en las longitudes de tornillo $= \frac{1}{8}''$ para tornillos desde $\frac{1}{4}''$ hasta 1″ de largo, $\frac{1}{4}''$ para tornillos desde 1″ hasta 3″ de largo y $\frac{1}{2}''$ para tornillos de $3\frac{1}{2}''$ a 6″ de largo.

EJEMPLO (ABREVIADO)

TORN DE CABHEX .375 × 2.5

EJEMPLO (MÉTRICO)

TORN DE CABHEX M20 × 2.5 × 80

12.26 ■ TORNILLOS DE MÁQUINA ESTÁNDAR

Los tornillos de máquina son similares a los tornillos prisioneros pero por lo general son más pequeños (de .060 pulg. a .750 pulg. de diámetro) y las roscas usualmente llegan hasta la cabeza. Existen ocho formas de cabeza aprobadas por ANSI, las cuales se muestran en el apéndice 20. La cabeza hexagonal puede ranurarse si así se desea. Todas las otras están disponibles tanto en la forma ranurada como en la rebajada. Los tornillos de máquina estándar se producen con un terminado brillante natural, no se tratan al calor y tienen extremos con cortes planos, sin biselar. Para ver formas similares de tornillos de máquina métricos y sus especificaciones, consulte el apéndice 20.

Los tornillos de máquina se utilizan para atornillarse en materiales delgados, y todos los tornillos de calibre pequeño están roscados hasta muy cerca de la cabeza. Se usan de manera extensa en armas de fuego, montajes, aparatos y troqueles. Las tuercas para tornillos de máquina se usan principalmente en los tipos de cabeza redonda, cabeza de cono achatado y cabeza plana; tienen por lo general cabezas hexagonales.

Las dimensiones exactas de los tornillos de máquina se proporcionan en el apéndice 20, pero éstas se necesitan en muy pocas ocasiones para propósitos de dibujo. La figura 12.28 muestra los cuatro tipos más comunes de tornillos de máquina, con proporciones basadas en el diámetro (D). Los orificios de holgura y avellanados deben hacerse un poco más grandes que los tornillos.

A continuación se presenta una nota típica para tornillos de máquina:

EJEMPLO (COMPLETO)

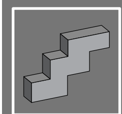
TORNILLO DE MÁQUINA CON CABEZA CILÍNDRICA NO. 10 (.1900)–32 NF-3 × 5/8.

EJEMPLO (ABREVIADO)

TORNM CCIL NO. 10 (.1900) × 5/8.

EJEMPLO MÉTRICO

TORNILLO DE MÁQUINA CON CABEZA DE CONO RANURADA M8 × 1.25 × 30.



Paso a paso 12.4



Bosquejo de pernos, tornillos y tuercas cuadrados

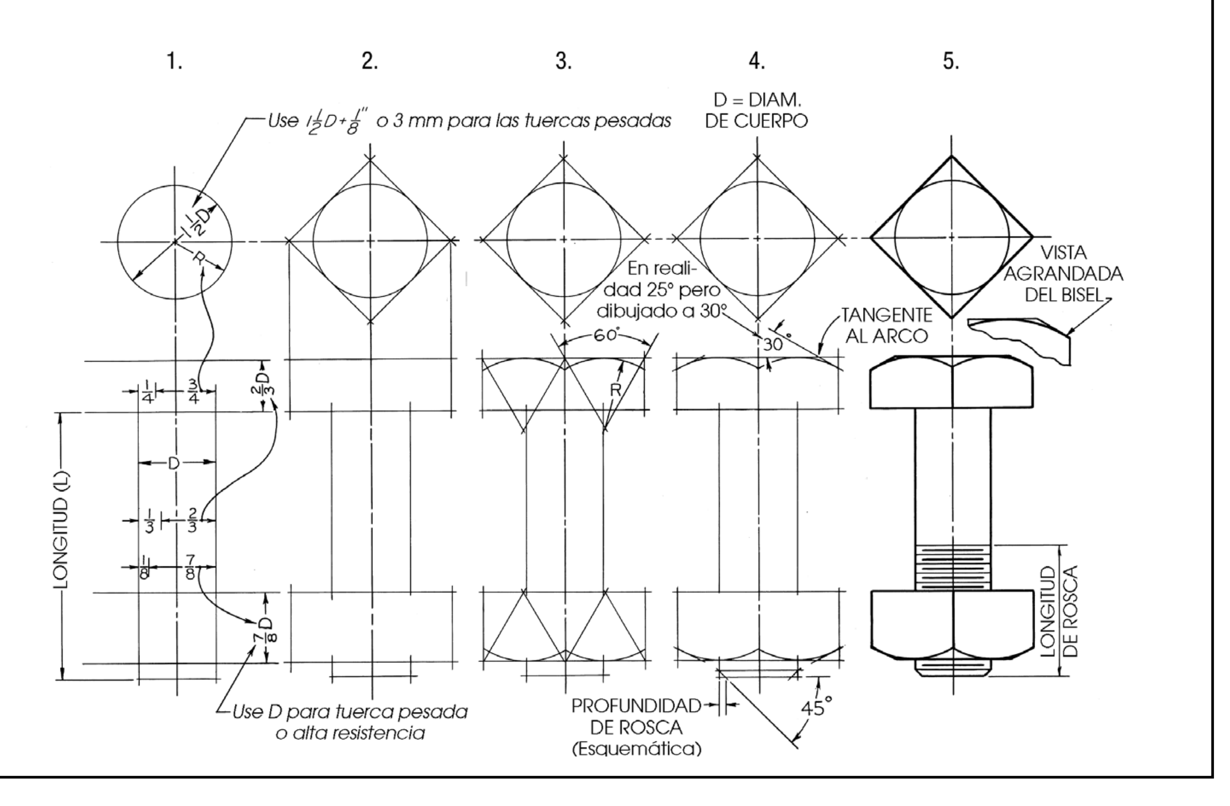
1. Determine el diámetro del perno, la longitud (desde el lado inferior de la superficie de contacto hasta la punta), el estilo de cabeza (cuadrada o hexagonal), el tipo (regular o pesado) y el terminado antes de comenzar a dibujar.

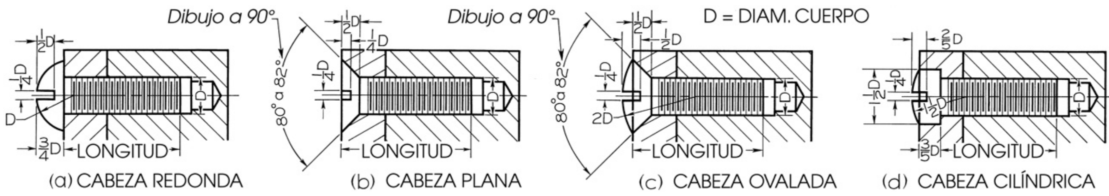
2. Bosqueje ligeramente la vista superior como se muestra en la figura, donde *D* es el diámetro del perno. Proyecte las esquinas del hexágono o el cuadrado hacia la vista frontal. Bosqueje las alturas de cabeza y tuerca. Si es necesario, agregue el 1/64 de pulg (0.4 mm) de la cara de arandela. Su diámetro es igual a la distancia entre los planos de la cabeza del perno o tuerca. Sólo los tornillos métricos y hexagonales terminados tienen una cara de arandela. Esta cara de arandela tiene un grosor de 1/64 pulg, pero por claridad se muestra en alrededor de 1/32 pulg (1 mm). La altura de cabeza o tuerca incluyen la cara de arandela.

3. Represente las curvas producidas por el bisel en las cabezas de perno y tuercas como arcos circulares, aunque en realidad son hipérbolas. En los dibujos de pernos pequeños o tuercas por debajo de aproximadamente 1/2 pulg (12 mm) en diámetro, donde el bisel es muy notable, omita el bisel en la vista rectangular.

4. Dibuje el bisel del extremo roscado del tornillo a 45 grados desde la profundidad de rosca esquemática.

5. Muestre las roscas en forma simplificada o esquemática para diámetros de 1 pulg (25 mm) o menos en el dibujo. La representación detallada se utiliza pocas veces porque esto complica el dibujo y toma demasiado tiempo.





■ **FIGURA 12.28** ■ Tornillos de máquina estándar. Vea el apéndice 20.



(a) Cabeza cuadrada



(b) Cabeza hueca plana



(c) Cabeza hueca de botón



(d) Tornillo de tope



(e) Tornillo de sujeción hueco

■ **FIGURA 12.29** ■ Conjunto de tornillos del Estándar Nacional Estadounidense. *Cortesía de Cordova Bolt Inc., Buena Park, CA.*

12.27 ■ TORNILLOS DE SUJECIÓN ESTÁNDAR

Los tornillos de sujeción (figura 12.29), se usan para evitar el movimiento, por lo general el rotatorio, entre dos partes como el movimiento del centro de una polea en un eje. Un tornillo de sujeción se aprieta en una parte de manera que su punta presione de manera firme otra parte. Si la punta del tornillo de sujeción está acuencada (figura 12.29e), o si se maquina un plano sobre el eje, el tornillo se sujetará con mucha mayor firmeza. Por supuesto, los tornillos de sujeción no resultan eficientes cuando la carga es pesada o se aplica de manera súbita. Por lo general se fabrican con acero y después se carburizan.

La figura 12.29a muestra un tornillo de sujeción de cabeza cuadrada del Estándar Nacional Estadounidense; las figuras 12.29b, 12.29c y 12.29d ilustran tornillos de sujeción de cabeza hueca del mismo estándar. Los tornillos de sujeción sin cabeza se usan de manera extensa en la actualidad debido a que los de cabeza saliente han causado muchos accidentes industriales; como consecuencia, muchas legislaciones estatales americanos prohíben su uso.

Existen tornillos de sujeción sin cabeza huecos hexagonales métricos con un rango completo de puntas. Los diámetros nominales de los tornillos de sujeción huecos hexagonales métricos son 1, 6, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20 y 24 mm

Los tornillos de sujeción con cabeza cuadrada tienen roscas gruesas, finas o de paso 8 y son de la clase 2A, pero por lo general están equipados con roscas gruesas debido a que este tipo de tornillos se utilizan comúnmente en los grados más burdos de trabajo. Los tornillos de sujeción rasurados sin cabeza y huecos tienen roscas gruesas o finas y son de clase 3A.

Los diámetros nominales de los tornillos de sujeción van desde el número 0 hasta 2 pulg; las longitudes de este tipo de tornillos se estandarizan en incrementos de 1/32 pulg hasta 1 pulg, dependiendo de la longitud total del tornillo.

Los incrementos de longitud de los tornillos de sujeción métricos van desde 0.5 mm hasta 4 mm; de nuevo, esto depende de la longitud total del tornillo.

Los tornillos de sujeción se especifican de la siguiente manera:

EJEMPLO (COMPLETO)

TORNILLO DE SUJECIÓN PUNTA PLANA CABEZA CUADRADA .375-16UNC-2ª × .75

EJEMPLO (ABREVIADO)

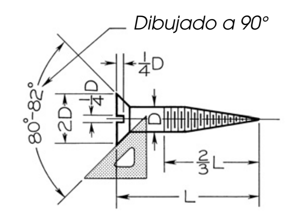
TORNS PP CCUAD .375- × 1.25
TORNS COPA HUEHEX .438 × .750
SLTD HDLS CONE PT SSCR

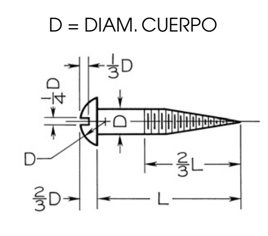
EJEMPLO (MÉTRICO)

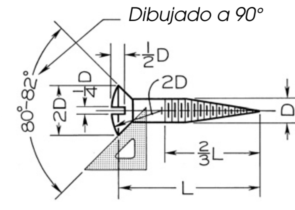
TORNILLO DE SUJECIÓN CABEZA HUECA HEX M10 × 1.5 × 12

12.28 ■ TORNILLOS PARA MADERA DEL ESTÁNDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE

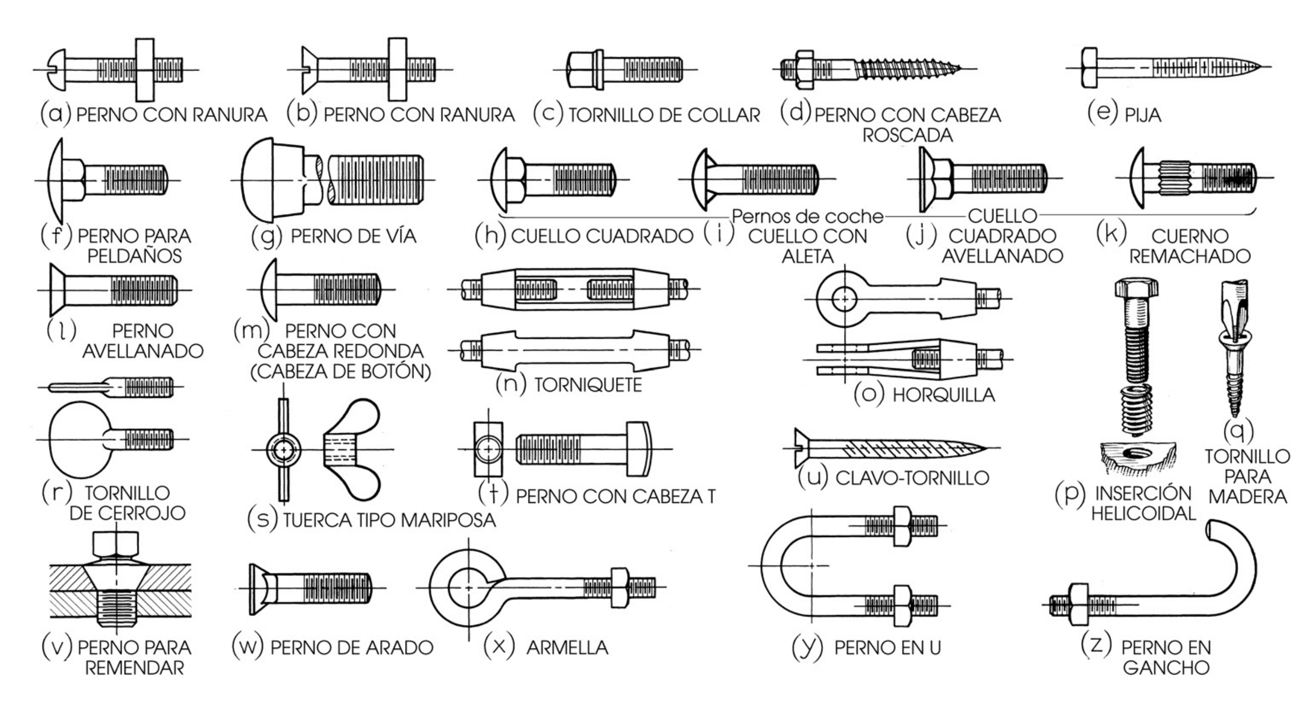
Existe un estándar para los tornillos para madera con tres tipos de cabeza: plana, redonda y ovalada. La figura 12.30 ilustra las dimensiones suficientes para propósitos de dibujo.







■ **FIGURA 12.30** ■ Tornillos para madera del Estándar Nacional Americano.



■ **FIGURA 12.31** ■ Pernos y tornillos varios.

La cabeza tipo Phillips o de estrella rebajada también está disponible en varios tipos de sujetadores, así como en tornillos para madera. ANSI ha estandarizado tres estilos de rebajos cruzados. Como la figura 12.31q lo muestra, se utiliza un desarmador especial, lo que permite un ensamblaje rápido sin causar daño a la cabeza.

Las inserciones helicoidales (figura 12.31p), tienen la forma de un resorte excepto porque la sección cruzada del alambre se adapta sobre la tuerca y dentro del orificio; están fabricados con bronce fósforo o acero inoxidable, y proporcionan un revestimiento protector firme y suave para las roscas pon punta en los metales suaves y los plásticos.

12.29 ■ SUJETADORES MISCELÁNEOS

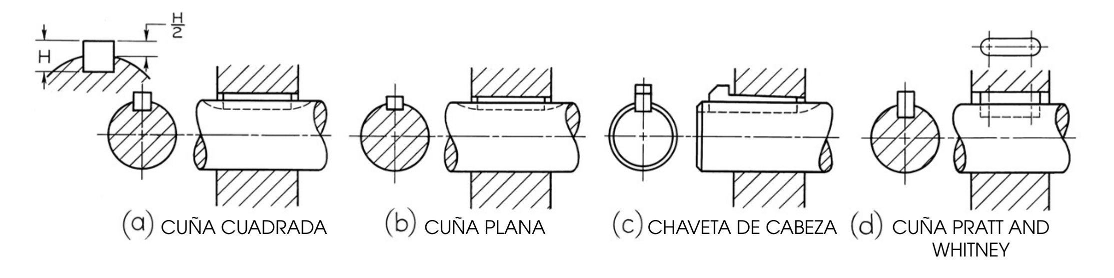
Se han diseñado muchos otros tipos de sujetadores para usos especializados. Algunos de los tipos más comunes se muestran en la figura 12.31. Cierto número de éstos son pernos con cabeza redonda, incluyendo los pernos de coche, pernos con cabeza de botón, pernos de peldaño y pernos avellanados que pertenecen al Estándar Nacional Estadounidense.

12.30 ■ CUÑAS

Las ***cuñas*** se usan para evitar el movimiento entre ejes y ruedas, empalmes, manivelas y partes de máquina similares unidas a ejes o soportadas por éstos (figura 12.32). Un ***chavetero*** se encuentra en un eje; un ***cuñero*** se encuentra en el cubo de la parte circundante.

Para el trabajo pesado se usan las cuñas rectangulares (planas o cuadradas), y algunas veces se necesitan dos

■ **FIGURA 12.32** ■ Cuñas cuadradas y planas.



cuñas rectangulares para una conexión. Para garantizar conexiones aun más fuertes, es posible maquinar *lengüetas (splines)* en el eje y el orificio.

La figura 12.32a muestra una *cuña cuadrada* y la 12.32b una *plana*. Generalmente, las anchuras de las cuñas son de alrededor de un cuarto del diámetro del eje. En cualquier caso, la mitad de la cuña está sumida en el eje. La profundidad del cuñero o el chivetero se mide sobre un lado (no en el centro) (figura 12.32a). Las cuñas cuadradas y planas pueden tener la superficie superior ahusada 1/8 pulg por pie, en cuyo caso se convierten en cuñas ahusadas cuadradas o planas.

Una cuña rectangular que evita el movimiento rotatorio pero permite un movimiento longitudinal relativo es una *cuña de aguja* y, por lo general, se proporciona con una *cabeza*, o de otra manera se sujeta para que no pueda resbalarse fuera del cuñero. Un *chaveta con cabeza* (figura 12.32c), es exactamente igual que una cuña ahusada plana o cuadrada, excepto porque se agrega una cabeza que permite una fácil remoción. Las cuñas cuadradas y planas se hacen con material terminado en frío y no se maquinan. Para ver las dimensiones, consulte el apéndice 21.

La *cuña Pratt and Whitney* (cuña P&W, figura 12.32d), tiene una forma rectangular con extremos semicilíndricos. Dos tercios de la altura de la cuña P&W se encuentran sumidas en el cuñero del eje (vea el apéndice 25).

La *cuña Woodruff* tiene una forma semicircular (figura 12.33). La cuña se ajusta a una ranura semicircular cortada con un cortador Woodruff, como se muestra en la figura, y la parte superior de la cuña se ajusta en un cuñero rectangular plano. Los tamaños de cuña para diámetros de eje dados no están estandarizados, pero para condiciones promedio resulta satisfactorio seleccionar una cuña cuyo diámetro sea aproximadamente igual al diámetro del eje. Para ver dimensiones, consulte el apéndice 23.

A continuación se presentan algunas especificaciones típicas para cuñas:

CUÑA CUAD .25 × 1.20
CUÑA WOODRUFF No. 204
CUÑA PLANA 1/4 × 1/16 × 1
CUÑA P&W No. 10

Para obtener las especificaciones de las contrapartes métricas, vea los catálogos de los fabricantes.

12.31 ■ PASADORES DE MÁQUINA

Estos elementos incluyen espigas, pasadores ahusados, rectos, de horquilla, y chavetas de dos patas. Para trabajo ligero, el pasador ahusado es efectivo para sujetar cubos o collarines a los ejes (figura 12.34), en la que el orificio que pasa a través del collarín y el eje se perfora y pule al ensamblar las partes. Para trabajo un poco más rudo, el pasador ahusado puede utilizarse paralelo al eje, como para las cuñas cuadradas (vea el apéndice 29).

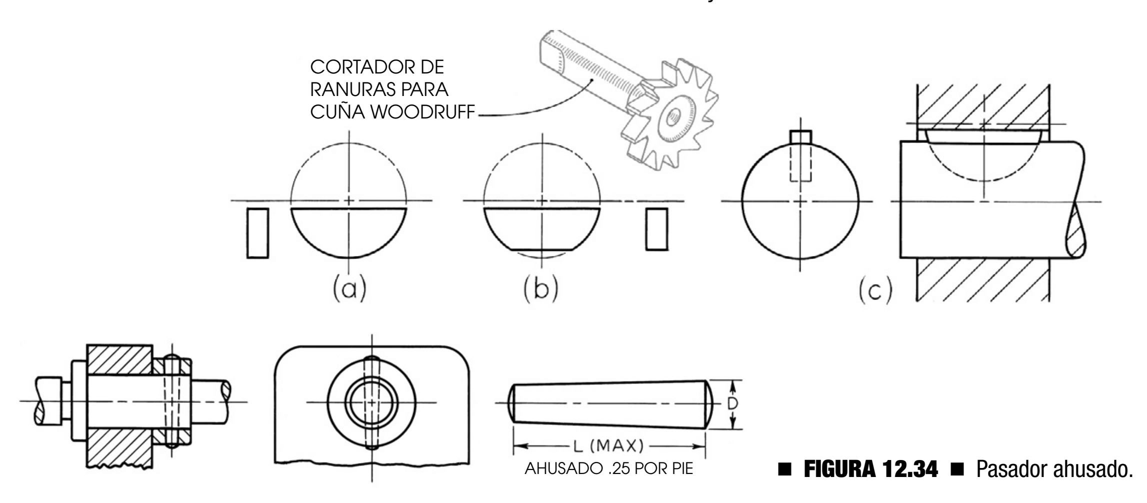
Las espigas tienen forma cilíndrica o cónica, y por lo general se utilizan para mantener dos partes en una posición fija o para preservar la alineación. La espiga se usa más comúnmente en los sitios donde la alineación resulta esencial. Usualmente, las espigas están hechas de acero, y endurecidas y esmeriladas en un esmerilador sin centro.

El pasador de horquilla se usa en una clavija y se mantiene en su sitio mediante una chaveta de dos patas. Para conocer este último, vea el apéndice 30.

12.32 ■ REMACHES

Los ***remaches*** se ven como sujeciones permanentes que se diferencian de las sujeciones removibles, como los pernos y tornillos. Por lo general, los remaches se utilizan para asir formas de hoja de metal o de acero rodado y están

■ **FIGURA 12.33** ■ Cuñas Woodruff y cortador de ranuras de cuña.



■ **FIGURA 12.34** ■ Pasador ahusado.

hechos de hierro forjado, acero carbón, cobre u, ocasionalmente, otros metales.

Para unir dos piezas de metal, se perforan o taladran y después se ensanchan orificios, todos un poco mayores en diámetro que la espiga del remache. Los diámetros del remache se hacen desde $d = 1.2\sqrt{t}$ hasta $d = 1.4\sqrt{t}$, donde d es el diámetro del remache y g es el grosor del metal. El tamaño del diámetro de remache más grande se utiliza para juntas de acero y de un solo remache, y el más pequeño puede utilizarse para juntas con remaches múltiples. En el trabajo estructural, es una práctica común hacer el orificio 1.6 mm (1/16 pulg.) más grande que el remache.

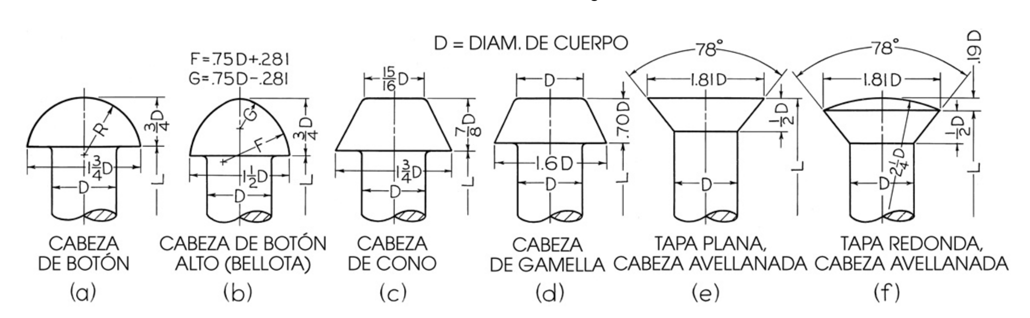
Cuando se inserta el remache al rojo vivo, se presiona contra éste una herramienta especial que tiene una depresión con la forma de la cabeza (*dolly bar*); después se utiliza una remachadora para hacer la unión por medio del remache y formar la cabeza en el extremo plano. Esta acción ocasiona que el remache se ensanche y llene por completo el orificio.

Los remaches más grandes o pernos estructurales hexagonales pesados se usan a menudo en el trabajo estructural de puentes y construcciones, y en la construcción de barcos y calderas; en la figura 12.35 se muestran en sus proporciones exactas de fórmula. Los remaches con cabeza de botón (figura 12.35a) y con cabeza avellanada (figura 12.35e), son los más comúnmente utilizados en el trabajo estructural. Los remaches con cabeza de botón y cabeza de cono se usan de manera común en la construcción de tanques y calderas.

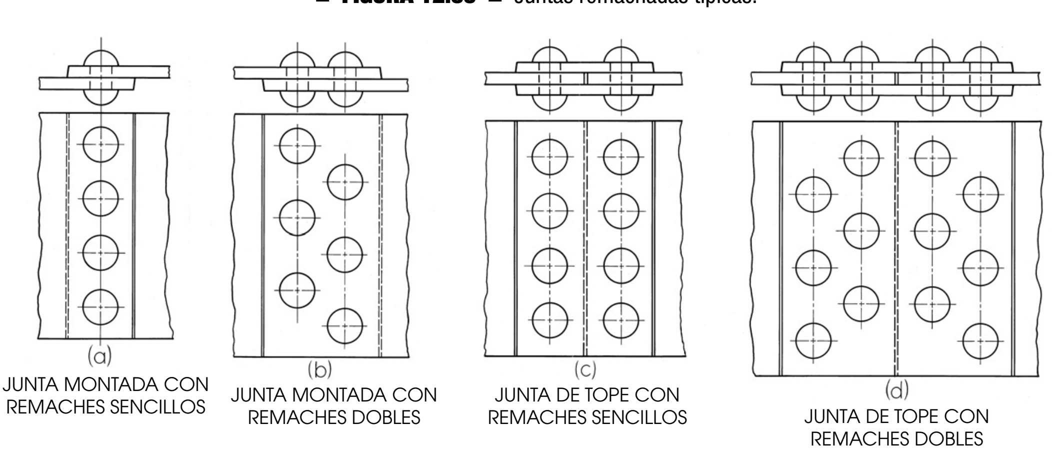
La figura 12.36 ilustra algunas juntas remachadas típicas. Observe que la vista rectangular de cada remache muestra la espiga del remache con las cabezas hechas con arcos circulares, y la vista circular de cada remache se representa sólo por medio del círculo exterior de la cabeza.

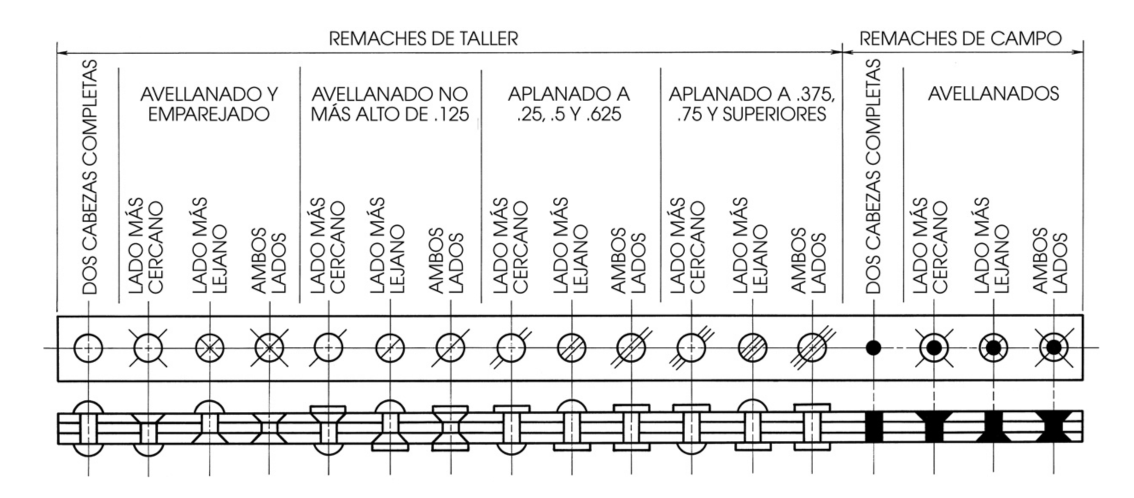
Dado el enorme tamaño de muchas estructuras en la ingenieria, primero se arman en el taller los ensambles constitutivos más grandes posibles y después se transportan a la ubicación deseada para unirse entre sí y terminar el armado de la estructura completa. Las armaduras son ejemplos comunes de esto. Los remaches colocados en el taller se llaman *remaches de taller*, y los colocados en la obra se llaman *remaches de campo*. Sin embargo, en el trabajo estructural se utilizan con mayor frecuencia los pernos de acero pesado. Para representar los remaches de campo se usan círculos sólidos negros, y para mostrar otros elementos se utilizan distintos símbolos estándar (figura 12.37).

■ **FIGURA 12.35** ■ Remaches grandes estándar.



■ **FIGURA 12.36** ■ Juntas remachadas típicas.





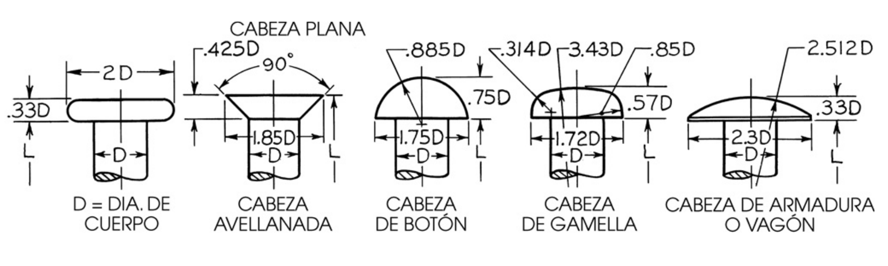
■ **FIGURA 12.37** ■ Símbolos convencionales para remaches.

Para el trabajo ligero, se utilizan remaches pequeños. La figura 12.38 presenta remaches sólidos pequeños del Estándar Nacional Estadounidense con dimensiones que muestran sus proporciones estándar [ANSI/ASME B18.1.1-1972 (R1995)]. En el mismo estándar se incluyen los remaches delgados, de cobre y de cinturón. También están disponibles remaches métricos. Las dimensiones para los remaches grandes pueden encontrarse en ANSI/ASME B18.1.2-1972 (R1995). Para ver detalles adicionales, consulte los catálogos de los fabricantes.

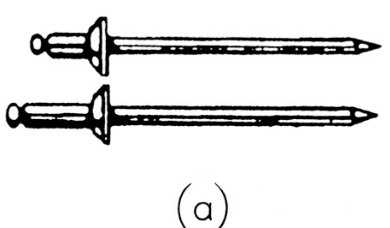
Los remaches ciegos, conocidos comúnmente como remaches disparados (figura 12.39), se usan para asegurar ensamblajes con hojas de metal delgadas. Los remaches ciegos son huecos y se instalan con pistolas remachadoras manuales o eléctricas, éstos se afianzan a un pasador central o mandril, jalando la cabeza hacia el cuerpo y expandiendo el remache contra la hoja de metal. Existen en aluminio, acero, acero inoxidable y plástico. Al igual que con cualquier sujetador, el diseñador debe ser cuidadoso de elegir un material adecuado para evitar la acción corrosiva entre metales disímiles.

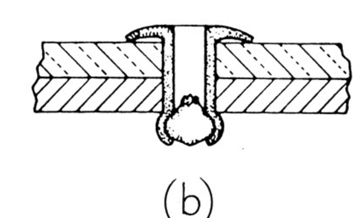
12.33 ■ RESORTES

Un ***resorte*** es un dispositivo mecánico diseñado para almacenar energía mientras se encuentra deformado y emitir la cantidad equivalente de energía cuando regresa a su forma original [ANSI Y14.13M-1981 (R1922)]. Por lo general, los resortes están hechos de acero para resortes, que puede ser por medio de cuerdas, alambre endurecido o alambre temporizado al aceite. Otros materiales usados para los resortes de compresión incluyen acero inoxidable, cobre berilio y bronce fósforo. Además, los resortes de compresión hechos de plástico uretano se utilizan en aplicaciones donde los resortes convencionales podrían ser afectados por corrosión, vibración o fuerzas acústicas o magnéticas. Los resortes se clasifican como *re-*

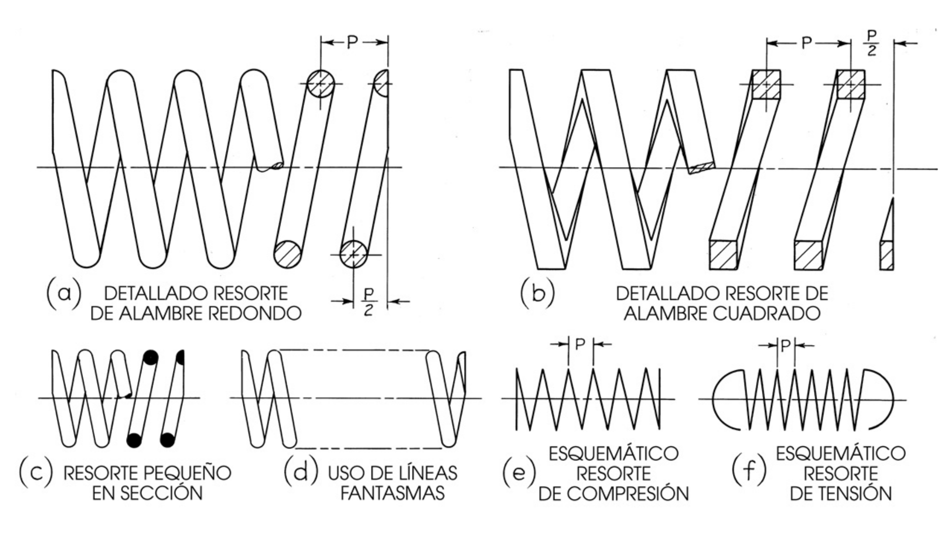


■ **FIGURA 12.38** ■ Proporciones de los remaches sólidos pequeños del Estándar Nacional Estadounidense.

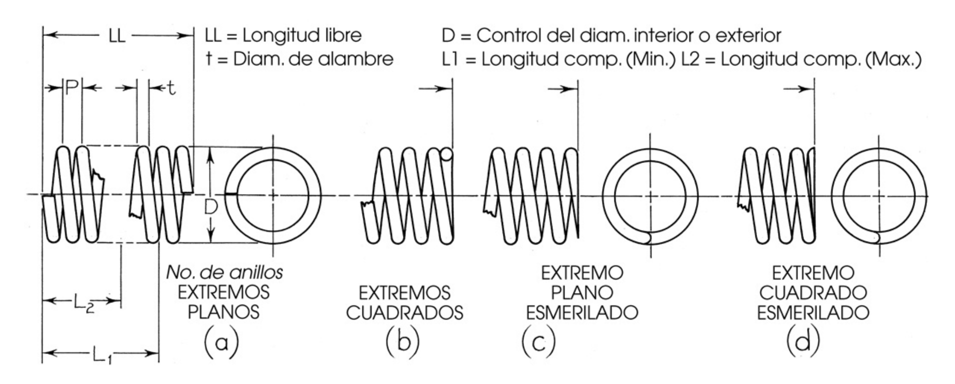




■ **FIGURA 12.39** ■ Remaches ciegos antes de la instalación (a) e instalados (b).



■ **FIGURA 12.40** ■ Resortes helicoidales.



■ **FIGURA 12.41** ■ Resortes de compresión.

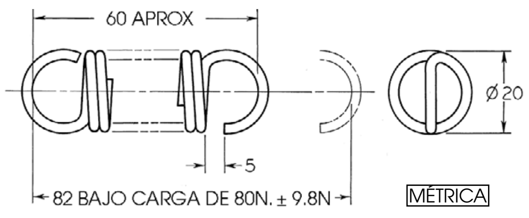
sortes helicoidales (figura 12.40) o *resortes planos* (figura 12.44). Por lo general, los resortes helicoidales son cilíndricos pero también pueden ser cónicos.

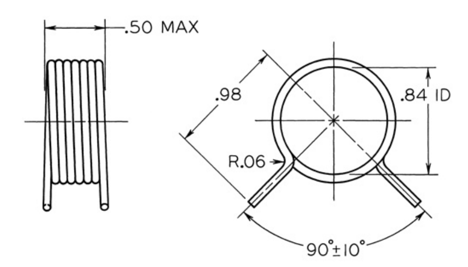
Existen tres tipos de resortes helicoidales: los *resortes de compresión* (figura 12.41), los cuales ofrecen resistencia a una fuerza compresiva; los *resortes de extensión* (figura 12.42), los cuales ofrecen resistencia a una fuerza de estiramiento; y los *resortes de torsión* (figura 12.43), los cuales ofrecen resistencia a una fuerza de torsión.

En los dibujos de trabajo, las proyecciones verdaderas de los resortes helicoidales nunca se dibujan por la cantidad de trabajo que implican. En su lugar, como en el caso de las roscas de tornillo, se usan los métodos detallado y esquemático, donde las curvas helicoidales se remplazan con líneas rectas (figura 12.40).

Un resorte de alambre cuadrado es similar a la rosca cuadrada sin incluir el centro del eje (figura 12.40b). Si las áreas en sección son grandes, se utilizan tramas cruzadas estándar (figuras 12.40a y 12.40b). Si son pequeñas, las áreas seccionadas pueden ser negras y sólidas (figura 12.40c). En los casos donde no es necesaria una representación completa del resorte, se utilizan líneas fantasmas para ahorrar tiempo al dibujar los anillos (figura 12.40d). Si el dibujo del resorte es demasiado pequeño para ser representado mediante los contornos del alambre, puede utilizarse la representación esquemática (figuras 12.40e y 12.40f).

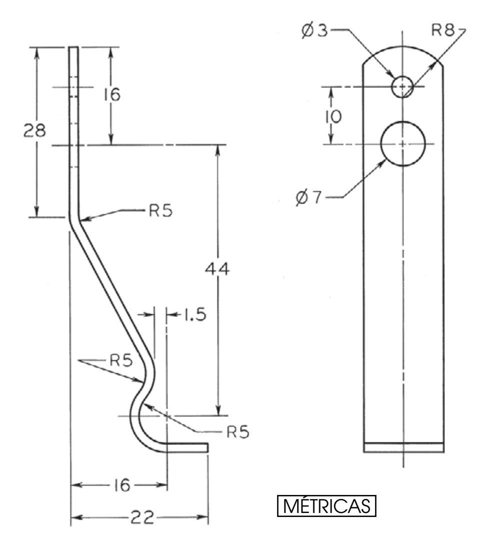
■ **FIGURA 12.42** ■ Dibujo de resorte de extensión.





MATERIAL: ALAMBRE DE CUERDA .059
6.75 ANILLOS A LA DERECHA SIN TENSIÓN INICIAL
TORQUE: 2.50 PULG. LB EN 155° DE DEFORMACIÓN, EL RESORTE DEBE DEFORMARSE 180° SIN ESTABLECERSE Y DEBE OPERAR CON LIBERTAD EN UN EJE DE .75 DE DIÁMETRO
TERMINADO: PLACA DE CADMIO O ZINC

■ **FIGURA 12.43** ■ Dibujo de resorte de torsión.



MATERIAL: ACERO PARA RESORTE 1.20 × 14.0
TRATADO AL CALOR: ROCKWELL 44-48C
TERMINADO: ÓXIDO NEGRO Y ACEITE

■ **FIGURA 12.44** ■ Resorte plano.

Los resortes de compresión tienen extremos planos (figura 12.41a), o extremos cuadrados (cerrados) (figura 12.41b). Los extremos pueden ser esmerilados (figura 12.41c), o cuadrados y esmerilados (figura 12.41d). Las dimensiones requeridas se indican en la figura. Cuando se requiere, se especifica RH o LH.

Un resorte de extensión puede tener cualquiera de los muchos tipos de extremo y, por lo tanto, es necesario dibujar el resorte o al menos los extremos y unos cuantos anillos adyacentes (figura 12.42).

En la figura 12.43 se presenta el dibujo de un resorte de torsión típico.

Por otra parte, en la figura 12.44 se muestra el dibujo de un resorte plano típico. Otros tipos de resortes planos son los *resortes de potencia* (o resortes de anillo plano), los *resortes Belleville* (como las arandelas de resorte) y los *resortes de hoja* (que se utilizan generalmente en automóviles).

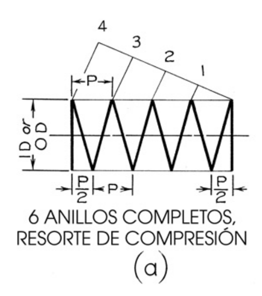
Muchas compañías usan una forma de especificación impresa para proporcionar la información necesaria del resorte, incluyendo datos como la carga a una longitud de deformación especificada, la tasa de carga, el terminado y el tipo de servicio.

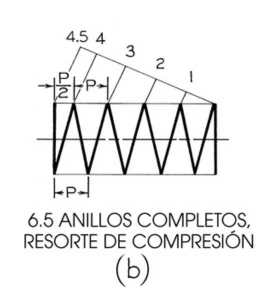
12.34 ■ DIBUJO DE RESORTES HELICOIDALES

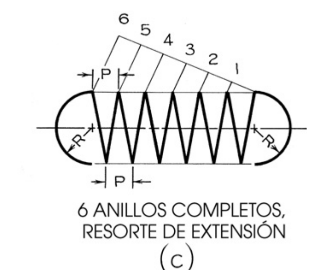
La figura 12.45a muestra la construcción de una vista de elevación esquemática para un resorte de compresión con seis anillos completos. Como los extremos son cerrados, o cuadrados, dos de los seis anillos son "muertos", con lo que quedan sólo cuatro pasos completos para establecerse a lo largo del resorte.

Si existen seis anillos completos (figura 12.45b), los espacios estarán en lados opuestos del resorte. La figura 12.45c presenta la elaboración de un resorte de extensión con seis anillos activos y extremos en ciclo.

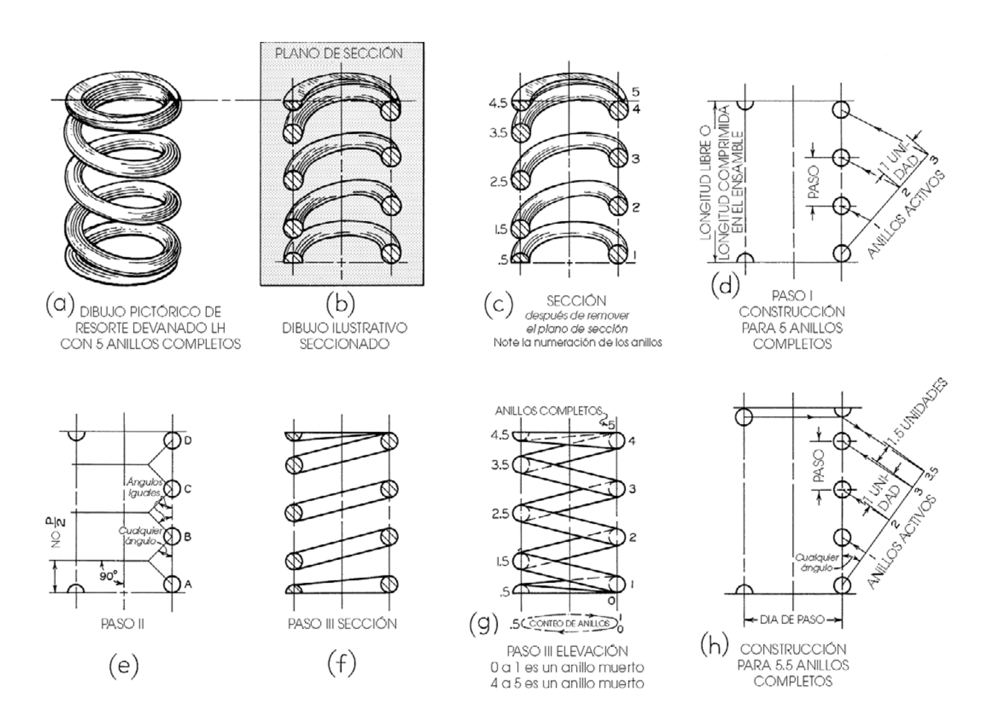
La figura 12.46 muestra los pasos para dibujar una sección detallada y la vista de elevación de un resorte de compresión. El resorte dado se muestra de manera ilustrativa en la figura 12.46a. Por su parte, la figura 12.46b muestra el plano cortante a través de la línea central del resorte. En la figura 12.46c el plano cortante ha sido retirado. En las figuras 12.46d a 12.46f se presentan los pasos para elaborar la vista de sección. La vista de elevación correspondiente se muestra en la figura 12.46g.







■ **FIGURA 12.45** ■ Representación esquemática de resorte. *Cortesía de SDRC, Milford, OH.*



■ **FIGURA 12.46** ■ Pasos para la representación detallada de resortes.

Si existe un número fraccionario de anillos, como los cinco anillos de la figura 12.46h, las medias vueltas del alambre en sección se colocan en lados opuestos del resorte.

12.35 ■ GRÁFICOS DE COMPUTADORA

En las bibliotecas de símbolos de CAD existen representaciones estándar de sujetadores roscados y resortes, tanto en forma detallada como esquemática. La utilización de gráficos de computadora ahorra al dibujante el trazo a mano de elementos repetitivos que toman mucho tiempo y facilita la modificación de los dibujos (en caso de que se requiera).

Por lo general, en el modelado tridimensional no se representan las roscas porque pueden ser difíciles de crear y pueden requerir mucho tiempo de computadora para proyectarse y editarse. En lugar de esto, generalmente se crea una notación para las roscas con el diámetro nominal del eje u orificio roscado. Algunas veces la profundidad de la rosca se muestra en el dibujo tridimensional para llamar la atención hacia la rosca y ayudar a determinar los ajustes y holguras.

PALABRAS CLAVE

CHAVETERO
CUÑAS
CUÑERO
DETALLADA
ESQUEMÁTICA
PASO
PERNO
REMACHE
RESORTE
ROSCA DE TORNILLO UNIFICADA
ROSCA DERECHA
ROSCA IZQUIERDA
ROSCA SENCILLA
ROSCAS MÚLTIPLES
SIMPLIFICADA
TACHÓN
TALADRO CON PUNTA
TORNILLO DE MÁQUINA
TORNILLO DE SUJECIÓN
TORNILLO PRISIONERO

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Existen muchas formas de rosca; la métrica y la unificada son las más comunes.
- El método para mostrar roscas en un dibujo se llama representación de rosca. Los tres tipos de representación de rosca son la detallada, la esquemática y la simplificada.
- El diámetro mayor, el paso y la forma son las partes más importantes de una especificación de rosca.
- Las especificaciones de rosca se dimensionan mediante el uso de una llamada, por lo general apuntando a la vista rectangular del eje roscado o a la vista circular de un orifico roscado. La especificación de rosca le indica al técnico en manufactura el tipo de rosca que debe crearse.
- La rosca y el perno siguen siendo los tipos de sujetador más comunes. Se han creado muchos tipos nuevos de sujetadores para hacer más eficiente el proceso de producción.
- Las cuñas y los pasadores son sujetadores especiales que unen una polea a un eje.
- La cabeza del tornillo determina el tipo de herramienta que será necesaria para instalar dicho sujetador.

PREGUNTAS DE REPASO

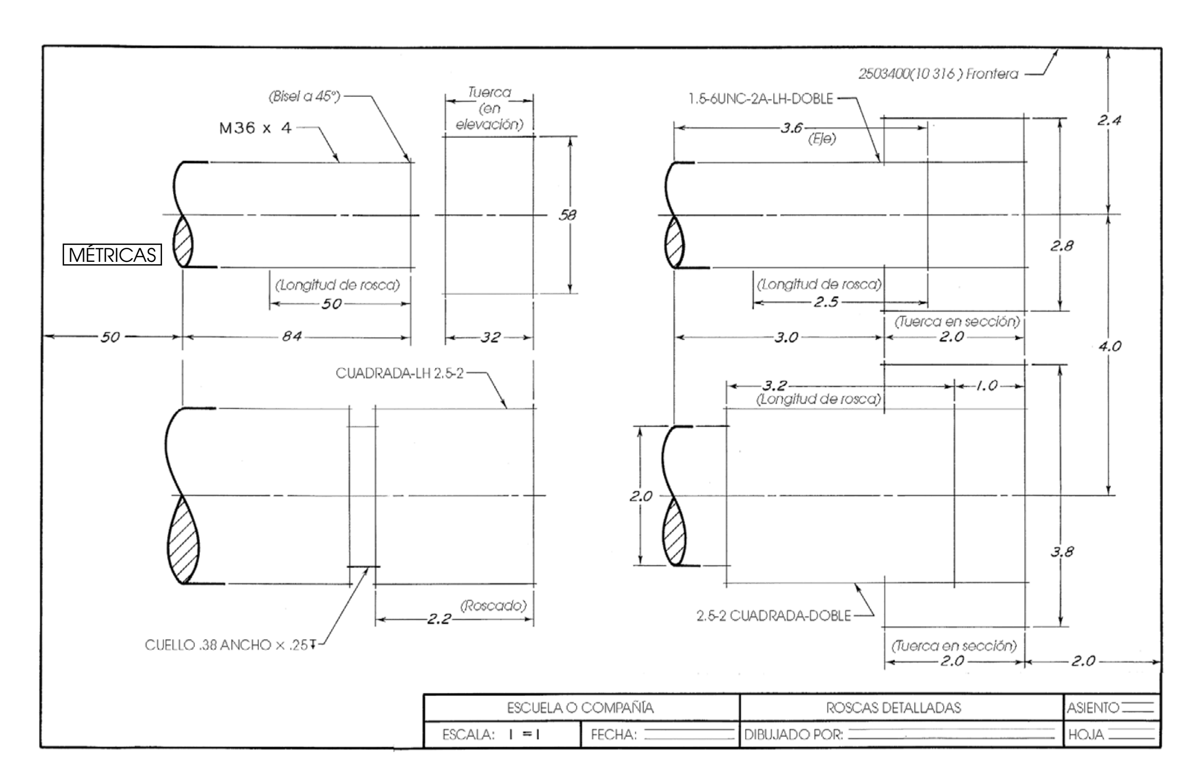
1. Dibuje una rosca de tornillo típica; para ello utilice una representación detallada y etiquete las partes de la rosca.
2. Bosqueje un resorte largo y muestre cómo se usan las líneas fantasma para representar la parte media del resorte.
3. Dibuje varios tipos de cabezas de tornillo.
4. Mencione cinco tipos de tornillo.
5. ¿Por qué la representación simplificada es el estilo que se utiliza con mayor frecuencia para dibujar roscas?
6. Mencione cinco sujetadores que no tengan rosca.
7. Escriba una especificación de rosca métrica y una especificación de rosca unificada y etiquete cada parte de la especificación.
8. ¿Qué tipo de forma de rosca se usa en una bombilla eléctrica?
9. ¿Cómo se designan las roscas múltiples en una nota de rosca?
10. Utilice las abreviaturas de los apéndices para dar una especificación para un
    TORNILLO DE SUJECIÓN CON PUNTA PLANA SIN CABEZA Y RANURADO $\frac{1}{4} - 20$ UNC 2A $\times \frac{1}{2}$

PROYECTOS DE ROSCAS Y SUJETADORES

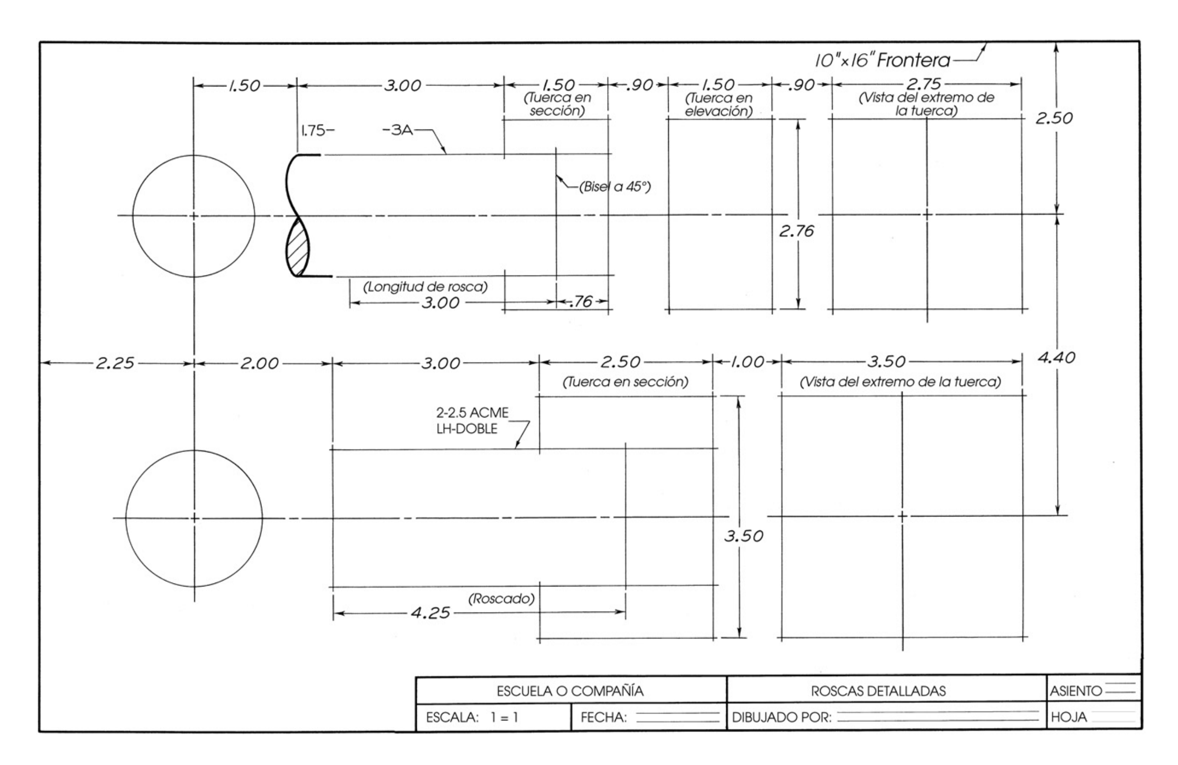
Se espera que los estudiantes hagan uso de la información de este capítulo y de los diferentes catálogos de los fabricantes, en conexión con los dibujos de trabajo que se encuentran al final del siguiente capítulo, donde se requieren muchos tipos distintos de roscas y sujetadores. Sin embargo, aquí se incluyen varios proyectos para una dar una asignación específica en esta área (figuras 12.47 a la 12.50).

PROYECTO DE DISEÑO

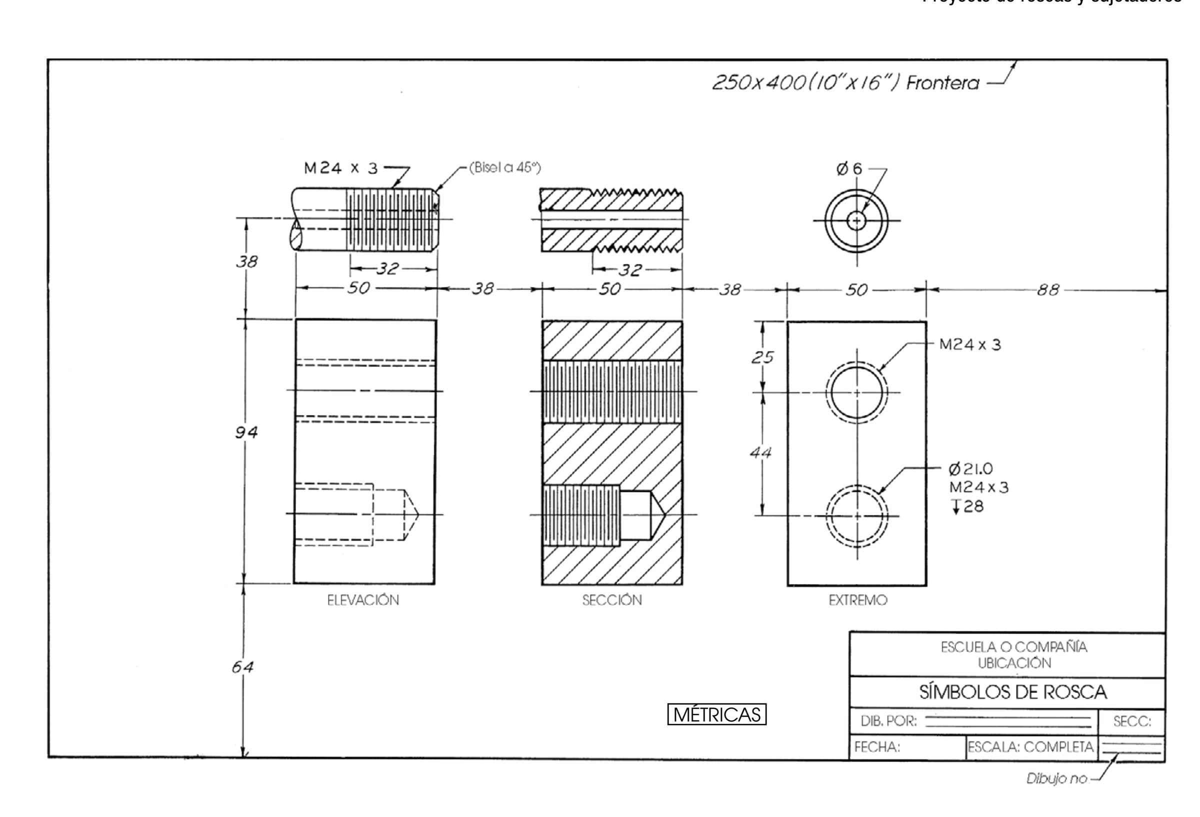
Diseñe un sistema que use una rosca para transmitir potencia; el sistema está destinado a ayudar a una persona discapacitada que debe pasar de una cama a una silla de ruedas. En sus bosquejos de diseño, use una representación esquemática o detallada para mostrar las roscas.



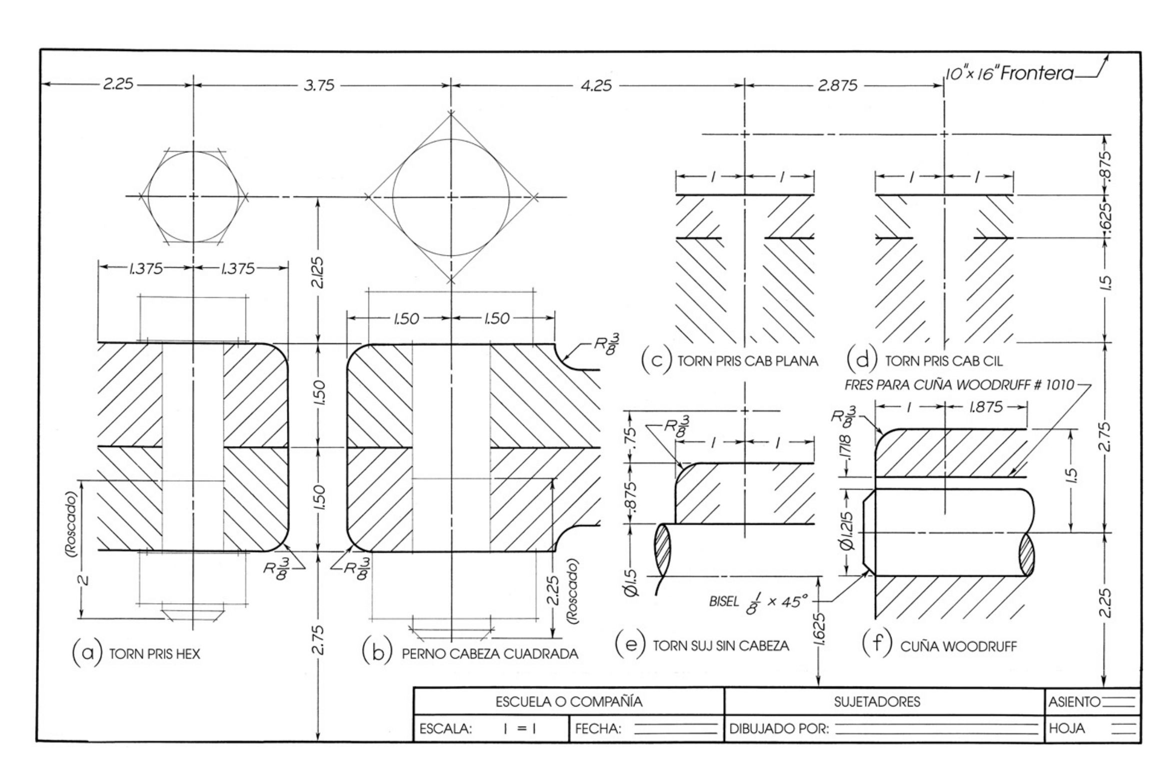
■ **FIGURA 12.47** ■ Dibuje las roscas detalladas que se especifican, ordenadas como se muestra; utilice los esquemas B-3 o A3-3. Omita todas las dimensiones y notas dadas en letras inclinadas. Escriba sólo las notas de rosca y el cuadro de títulos.



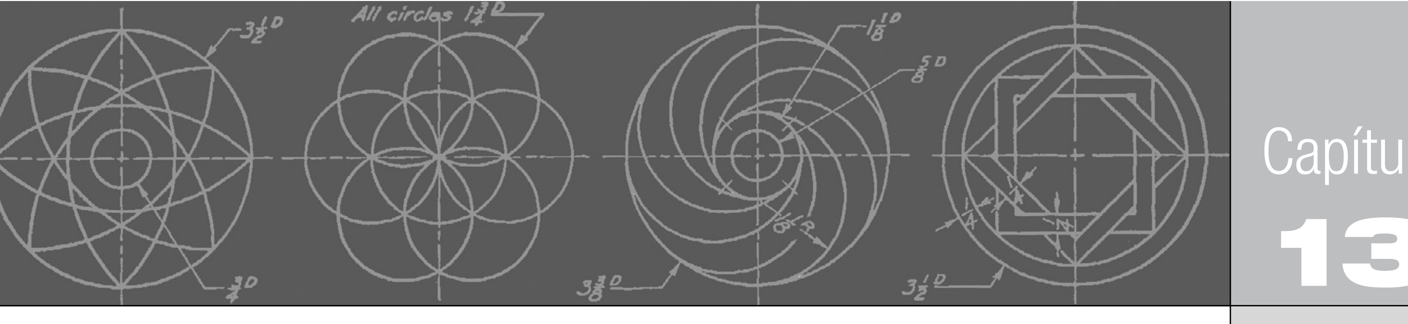
■ **FIGURA 12.48** ■ Dibuje las notas detalladas dadas en letras inclinadas. Escriba sólo las notas de rosca y el cuadro de títulos.



■ **FIGURA 12.49** ■ Dibuje los símbolos de rosca que se especifican, ordenados como se muestra. Dibuje símbolos simplificados o esquemáticos, según lo determine su profesor, utilice los esquemas B-5 o A3-5. Omita todas las dimensiones y notas dadas en letras inclinadas. Escriba sólo las notas de taladro y rosca, los títulos de las vistas y el cuadro de títulos.



■ **FIGURA 12.50** ■ Dibuje los sujetadores, ordenados como se muestra. En (a) dibuje un Torn Pris Hex $\frac{7}{8} - 9$ UNC-2A $\times$ 4. En (b) dibuje un Perno Cab Cuad $1\frac{1}{8} - 7$ UNC-2A $\times$ $4\frac{1}{4}$. En (c) dibuje un Torn Pris Cab Plana $\frac{3}{8} - 16$ UNC-2A $\times$ $1\frac{1}{2}$. En (d) dibuje un Torn Pris Cab Cil $\frac{7}{16} - 14$ UNC-2A $\times$ 1. En (e) dibuje un tornillo de sujeción ranurado y sin cabeza $\frac{1}{2} \times 1$. En (f) dibuje la vista frontal de la cuña Woodruff No. 1010. Dibuje símbolos de rosca simplificados o esquemáticos según lo determine su profesor. Escriba los títulos bajo cada figura como se muestra.



Capítulo

13

Dibujos de trabajo

OBJETIVOS

Después de estudiar este capítulo, usted será capaz de:

1. **Identificar los elementos de un dibujo de detalle y crear un dibujo de detalle simple.**
2. **Mencionar los elementos comunes de un cuadro de títulos y una tira de registro.**
3. **Crear una secuencia de números típica en un dibujo.**
4. **Describir el proceso de revisión de dibujos.**
5. **Mencionar las partes de un dibujo de ensamble.**
6. **Describir los requerimientos especiales de un dibujo de patente.**

PANORAMA

Los dibujos de trabajo muestran detalladamente toda la información necesaria para manufacturar las partes necesarias; los de ensamble describen la forma en que éstas se ajustan entre sí para poder funcionar. La revisión y aprobación de dibujos es una parte importante del proceso de diseño. Las revisiones deben poder rastrearse, identificarse, registrarse y guardarse para consultas futuras. El almacenamiento, tanto en papel como en medios electrónicos, es una responsabilidad importante del equipo de diseño.

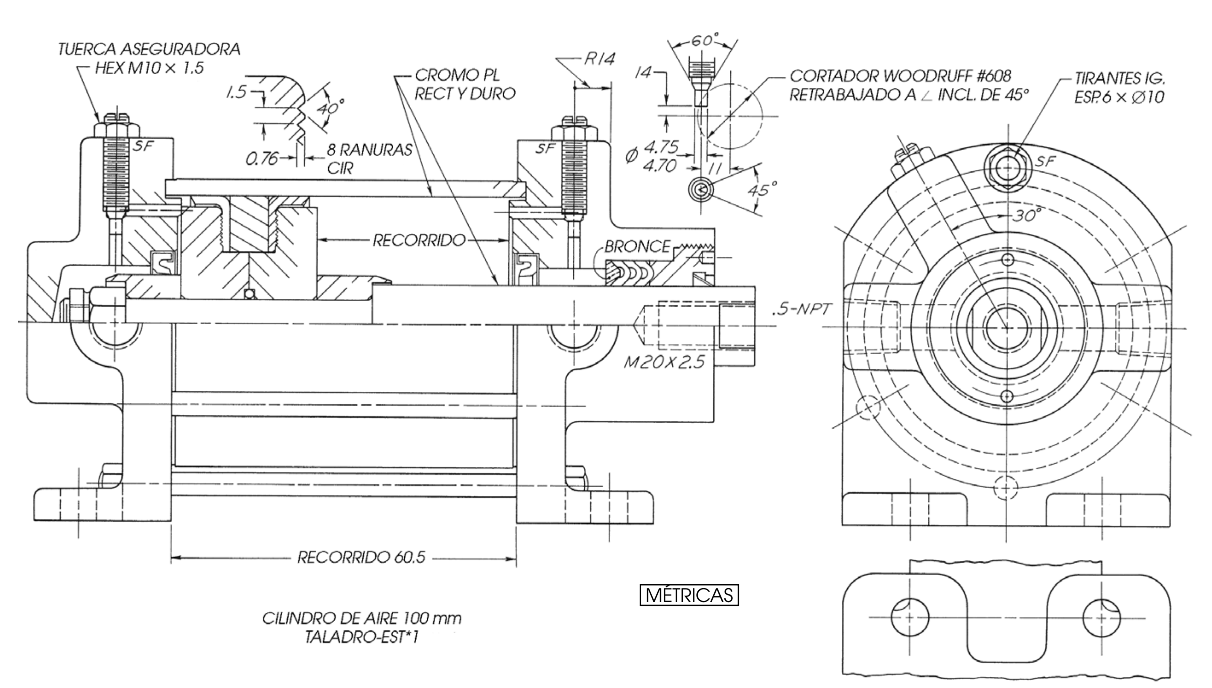
13.1 ■ DIBUJOS DE TRABAJO

Cuando se diseña un producto o sistema debe elaborarse, verificarse y aprobarse un conjunto final de especificaciones y dibujos de trabajo o de producción que proporcionen toda la información necesaria. Estos dibujos están dirigidos principalmente al personal de manufactura y, por lo tanto, debe elaborarse y verificarse con gran cuidado.

Para desarrollar dibujos de trabajo se usan distribuciones o disposiciones de diseño de producción aprobadas (figura 13.1). Primero se crean las vistas necesarias de cada parte que deba manufacturarse; deben incluir dimensiones y notas que describan las partes totalmente. Estos dibujos se conocen como *dibujos de detalle*. No es necesario incluir partes estándar en el dibujo de detalle, pero sí en el de ensamble, donde deben aparecer sus especificaciones en una lista de partes. La figura 13.2 presenta el dibujo de detalle de una de las partes contenidas en la distribución de diseño de la figura 13.1.

Después de haber detallado las partes, se elabora un *dibujo de ensamble*, que muestra cómo se unen todas las partes en el producto completo. El ensamble puede hacerse de manera directa, a partir de los dibujos de detalle insertando vistas bidimensionales o modelos tridimensionales de las partes, o a partir de la distribución de diseño individual. Cuando se opta por insertar partes bidi-

■ **FIGURA 13.1** ■ Distribución de diseño.



mensionales o tridimensionales, se construye una valiosa herramienta para verificar los ajustes en el ensamble.

Por último, para proteger al fabricante sus derechos de autor, deberán registrarse y archivar sus *dibujos de patente* en la oficina correspondiente para su registro. Por lo general, estas descripciones son un tipo especial de dibujos de ensamble que incluye vistas sombreadas y se elaboran de acuerdo con las reglas del registro de patentes.

13.2 ■ DIBUJOS DE DETALLE

En este punto del texto, usted ya tiene las habilidades necesarias para elaborar correctamente dibujos de detalle con toda la información requerida para manufacturar una parte. Esto incluye vistas múltiples que proporcionan la descripción de la forma, dimensiones, notas, y la especificación del material.

13.3 ■ NÚMERO DE DETALLES POR HOJA

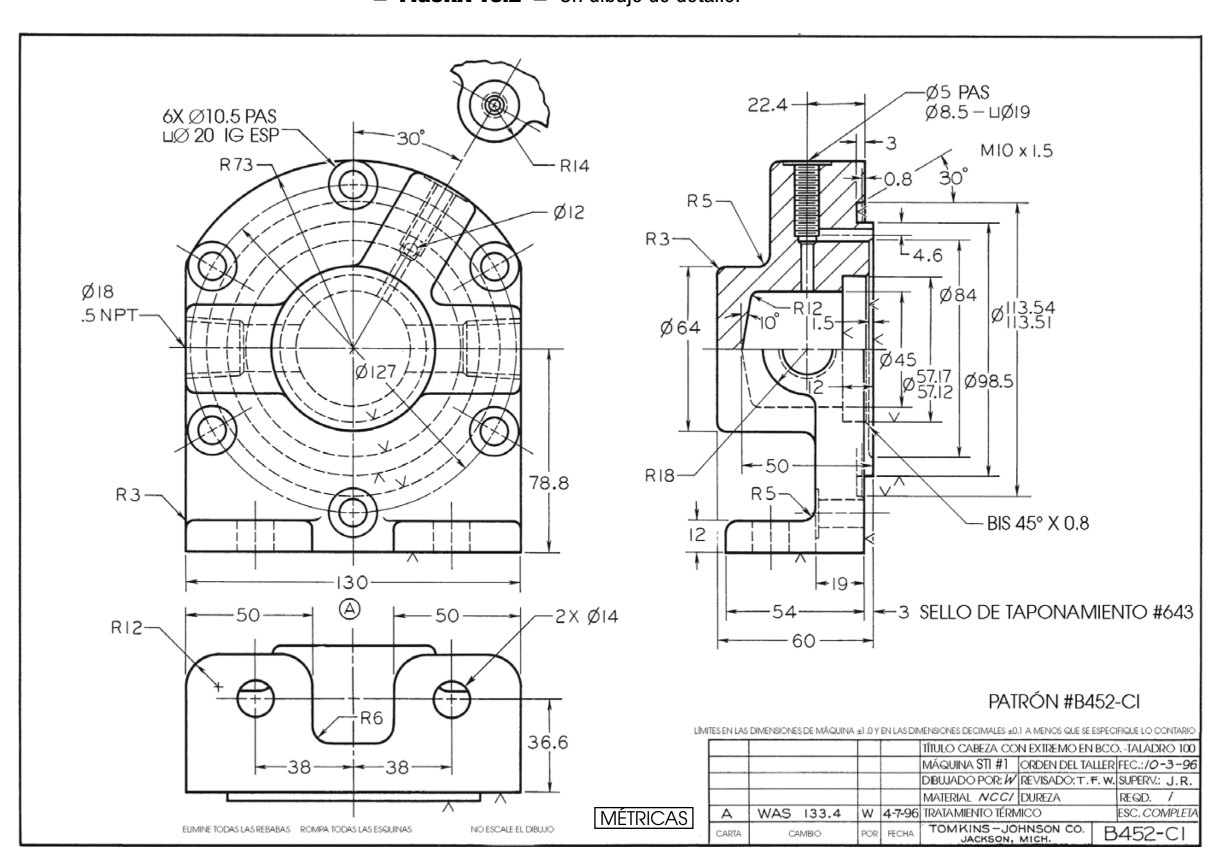
La mayoría de las compañías muestran sólo un detalle por hoja, aunque sea simple o pequeño. La hoja básica de 210 mm × 297 mm (8-1/2 × 11 pulg) es la que se utiliza con mayor frecuencia para los detalles; para detalles más grandes o para el ensamble se utilizan múltiplos de este tamaño. De esta manera, si la misma parte se utiliza en otro ensamble, el dibujo no resulta confuso. Si la máquina o estructura es pequeña o se compone de pocas partes, todos los detalles pueden mostrarse en una hoja grande, o pueden presentarse varios detalles por hoja.

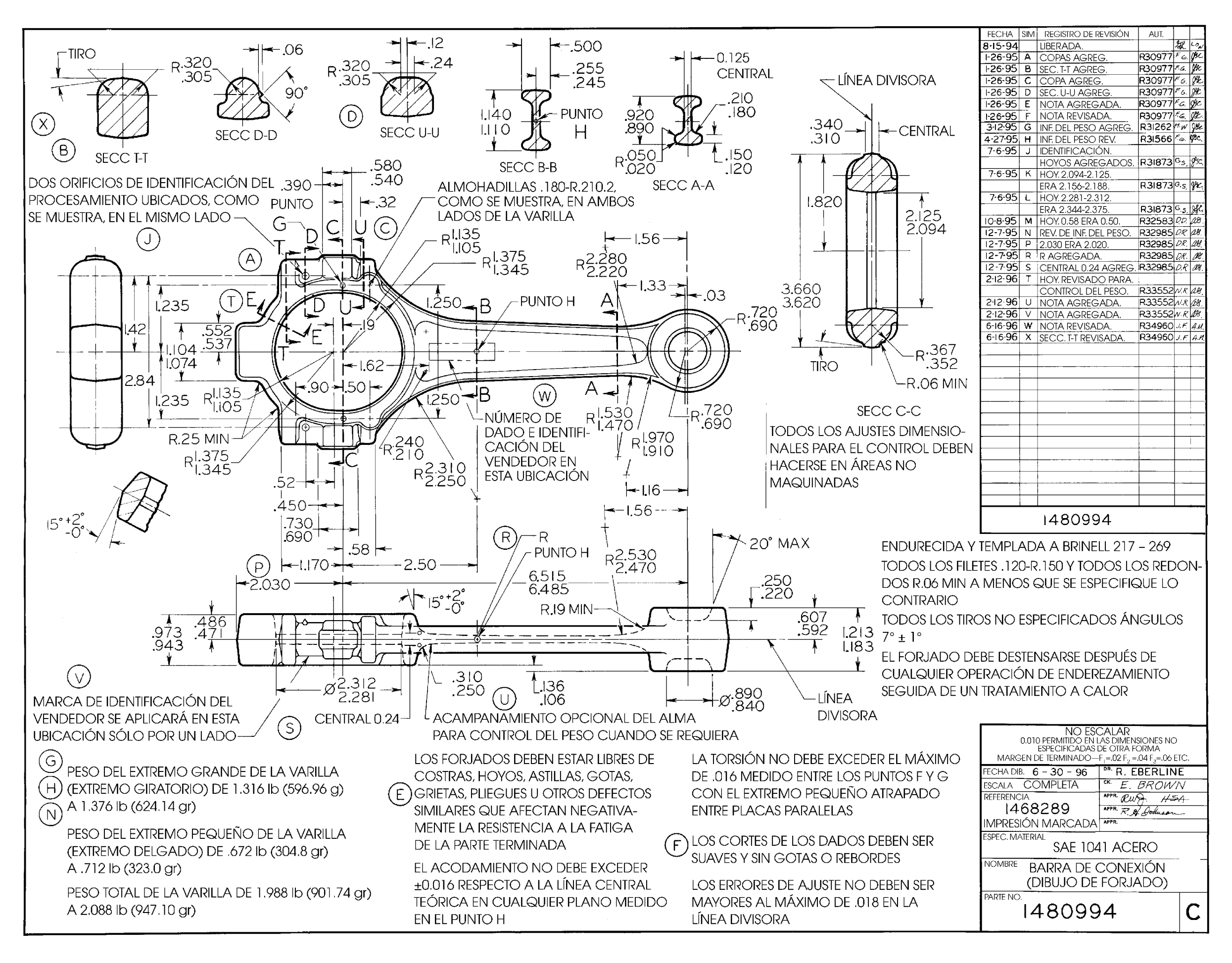
Cuando se dibujan varios detalles en una hoja, el espaciado debe considerarse con cuidado de manera que cada parte se presente con claridad. Si es posible, debe usarse la misma escala para todos los detalles incluidos en una misma hoja. Cuando lo anterior no sea posible, la escala debe anotarse claramente debajo de cada detalle.

13.4 ■ DIBUJOS DE ENSAMBLE

Un dibujo de ensamble muestra la máquina o estructura ensamblada con todas las partes detalladas en sus posiciones funcionales. Los dibujos de ensamble son de diferentes tipos: ensambles o distribuciones de diseño, ensambles generales, ensambles de funcionamiento, ensambles de contorno o instalación y ensambles de verificación.

■ **FIGURA 13.2** ■ Un dibujo de detalle.





■ **FIGURA 13.3** ■ Dibujo de forjado de una barra de conexión. *Cortesía de la Cadillac Motor Car Division.*

13.5 ■ ENSAMBLES GENERALES

Un conjunto de dibujos de trabajo incluye los dibujos de detalle de las partes individuales y el dibujo de ensamble de la unidad completa. Las figuras 13.3 y 13.4 muestran los dibujos de detalle de la barra de conexión de un automóvil; la figura 13.5 presenta el dibujo de ensamble correspondiente. Tal ensamble, que muestra sólo una unidad de una máquina más grande, se conoce comúnmente como *subensamble*.

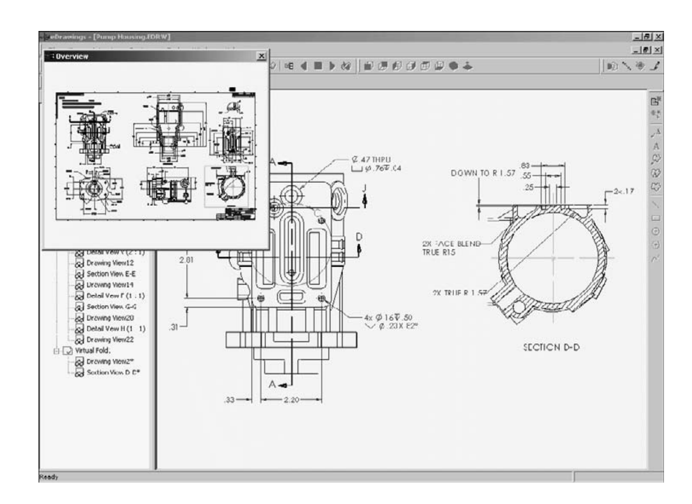
Como ejemplo, la figura 13.6 presenta un ensamble general completo, donde se muestra el ensamble de una esmeriladora manual; la figura 13.7 muestra otro ejemplo de un subensamble.

VISTAS. Al seleccionar las vistas de un dibujo de ensamble tenga en mente que el propósito es mostrar cómo se ajustan las partes entre sí y la función de toda la unidad; es decir, no tienen que mostrar detalles de cada parte. El trabajador de ensamble recibe las partes terminadas reales; si necesita información que no pueda obtenerse de la parte misma, debe verificar el dibujo del detalle. Con el dibujo de ensamble se pretenden mostrar las *relaciones* entre las partes, *no sus formas*. La vista o vistas seleccionadas deben ser las vistas mínimas o parciales que muestren cómo las partes se ajustan entre sí. En la figura 13.5, sólo se necesita una vista, mientras que en la figura 13.6 se requieren dos.

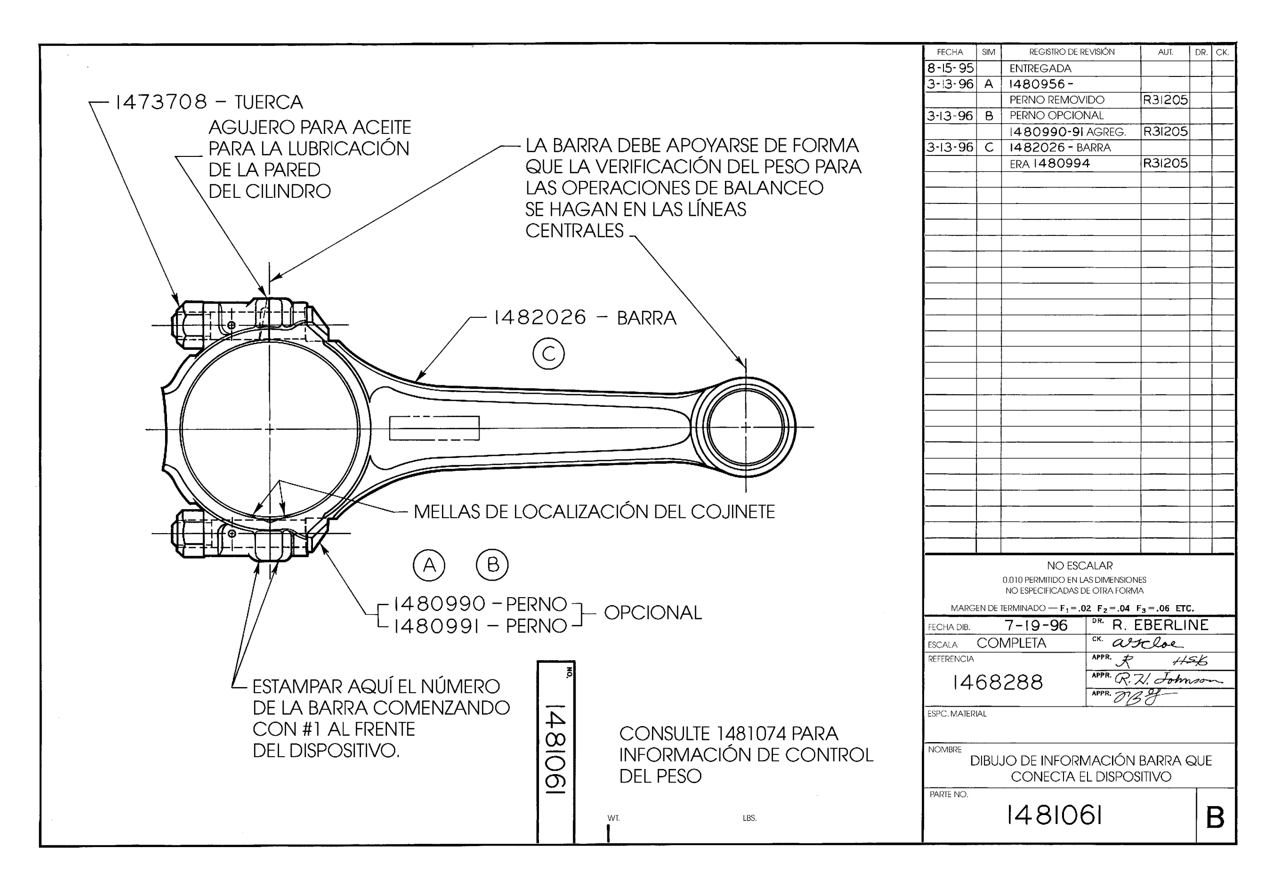
FECHA	SIM	REGISTRO DE REVISIÓN	AUT.
2-14-95	A	DIBUJO SIN CAMBIO ERA VAN DYKE	R31234
7-8-95	B	BISEL .01-.02 × 45° AGREGADOS DOS LUGARES	R31873
7-8-95	C	DIM .3892-.3907 ERA .3893-.3903	R31873
7-8-95	D	DIM .180-.205 ERA .182-.199	R31873
7-8-95	E	DIM .591-.616 ERA .593-.610	R31873
1-17-96	F	SECC R-R, SECC S-S, Y VISTA EN CÍRCULO "P" ELIMINADAS	R33337
1-17-96	G	NOTA REVISADA	R33337

SUPERFICIE A 45° PARA INTERSECTAR LA SUPERFICIE NORMAL DENTRO DE ±0.005 DE LA LÍNEA CENTRAL
Ø.410 - .420
.485
.475
R.06
.225
R.02 - .03
SECC L-L
TAMAÑO DOBLE
45° ±0°30′
R.06
ESTOS ORIFICIOS DEBEN SER PARALELOS DENTRO DE .002 EN 3.00 PULG EN LOS DOS PLANOS
LA BARRA DEBERA CORREGIRSE EN RELACION AL PESO DEL MATERIAL MAQUINADO, Y TALADRANDO ESTE EMPALME COMO SE MUESTRA
1.422 MIN
Ø.9988
.9983
120
60
Ø.99855
.99830
SÓLO PARA SERVICIO
TRAYECTORIA DEL CORTADOR PARA MAQUINADO
Ø1.335 MIN
.915
.905
.505
.495
120
60
.430
.420
MIDA EL DIÁMETRO DEL TALADRO EN ESTA DIRECCIÓN. DEBE SER REDONDO CON 0.0005 TIR
229° ±0° 15′ MIN CORTADOR
225° ±0° 15′ MAX CORTADOR
.205
.180
.128
.123
Ø2.3745
2.3740
R3.00 CORTADOR
.616
.591
.128
.123
.34
.28
.100 MIN
.34
.28
.067
.057
R.100 DOS LUGARES
.067
.057
.02
.01 × 45° BISEL
.02
.01 × 45° CHAMFER
SEC M-M
VISTA K-K
ROMPA LAS ESQUINAS AGUDAS EN LOS DOS ORIFICIOS
CORTADOR MIN 25° ±0° 30′
CORTADOR MAX 23° ±0° 30′
VISTA J-J
HECHO DE FORJADO 1480994
Ø3.25 - MIN
Ø4.00 - MAX
6.501
6.499 CENTROS DE TALADRO
Ø.625
3.567
3.564
6.510
6.490 SÓLO LÍNEA DIVISORA
10/M
.870
.869
1.78
Ø1.180 MIN
1.129 - 1.131
.06
BISEL 0.01-0.02 × 45° EN AMBOS LADOS
.26 MAX
.26 MAX
45°
1.423
1.421
.439
.429
.13
R.01 MIN
2.485
2.483
Ø1.335 MIN
2X Ø.3892 - .3907
ESTOS ORIFICIOS DEBEN SER PARALELOS ENTRE SÍ DENTRO DE .010 EN 3.00 PULG EN TODOS LOS PLANOS
ESTAS SUPERFICIES DEBEN SER CUADRADAS, CON LA LÍNEA CENTRAL DEL ORIFICIO DENTRO DE 0.001 TIR Y PARALELAS ENTRE SÍ DENTRO DE 0.001
BARRA CUYO PESO SE CORREGIRÁ AL AHUECAR IGUALMENTE AMBOS EXTREMOS
VISTA QUE MUESTRA LA BARRA DESPUÉS DE LA MÁXIMA REMOCIÓN DE MATERIAL PARA BALANCEAR
CONSULTE 1481061 Y 1481074 PARA DATOS DE CONTROL DEL PESO
NO ESCALAR
FECHA DIB. 2-2-96
ESCALA COMPLETA
REFERENCIA 1480994
IMPRESIÓN MARCADA
ESPEC. MATERIAL VER DIBUJO DE FORJADO
NOMBRE BARRA DE CONEXIÓN (DIBUJO DE TERMINADO)
PARTE NO 1482026 C

■ **FIGURA 13.4** ■ Dibujo de detalle de barra de conexión. *Cortesía de Cadillac Motor Car Division.*



Dibujos de detalle generados a partir de un modelo de CAD tridimensional. *Cortesía de SolidWorks.*



■ **FIGURA 13.5** ■ Dibujo de ensamble de una barra de conexión. *Cortesía de Cadillac Motor Car Division.*

SECCIONES. Las vistas de sección se usan con frecuencia porque muestran con claridad los ajustes interiores. Cuando sea necesario, puede utilizarse cualquier tipo de sección. La figura 13.6 muestra una sección de corte.

LÍNEAS OCULTAS. Las líneas ocultas no se utilizan casi nunca en los dibujos de ensamble, porque las partes que se ajustan o se sobreponen a otras deben mostrarse claramente. Sin embargo, las líneas ocultas deben incluirse siempre que sean necesarias para garantizar la claridad del dibujo.

DIMENSIONES. Por lo general, en los dibujos de ensamble no se dan dimensiones porque éstas se proporcionan por completo en los de detalle. Las dimensiones deben incluirse cuando sean necesarias para mostrar alguna función del objeto como un todo, como la altura máxima de un gato hidráulico, la abertura máxima entre las quijadas de una prensa de tornillo o una distancia que deba mantenerse durante el ensamble. Cuando se requiere maquinado durante la operación de ensamble, las notas y dimensiones necesarias pueden proporcionarse sobre el dibujo.

IDENTIFICACIÓN. Las partes en un ensamble pueden identificarse mediante círculos con sus números correspondientes colocados junto a las mismas, con llamadas terminadas en puntas de flecha que toquen las partes (figura 13.6). Coloque estos números de elemento, o “números de localización” como también son llamados, en renglones horizontales o verticales tan claros como sea posible y de forma que no se encimen entre sí en la hoja. Las llamadas nunca deben cruzarse y las llamadas adyacentes deben ser paralelas o casi paralelas.

La lista de partes debe incluir el número del elemento o de localización, la cantidad requerida y el número de parte o identificación (PIN, que es distinto del número de localización). Es un identificador único asignado por la actividad de diseño original o por un estándar nacional de control (la compañía que originó el producto). Después sigue la descripción de la parte (o nomenclatura). Esta descripción debe ser un sustantivo, por ejemplo: MÉNSULA o una frase, por ejemplo: CAJA DE UNIÓN. La figura 13.8 muestra un dibujo de ensamble con una lista de partes. También se incluye otra información, como los números de patrón, tamaños en existencia y pesos.

Otro método de identificación consiste en escribir los PIN (números de parte) al final de llamadas rectas como las aprobadas por ANSI.

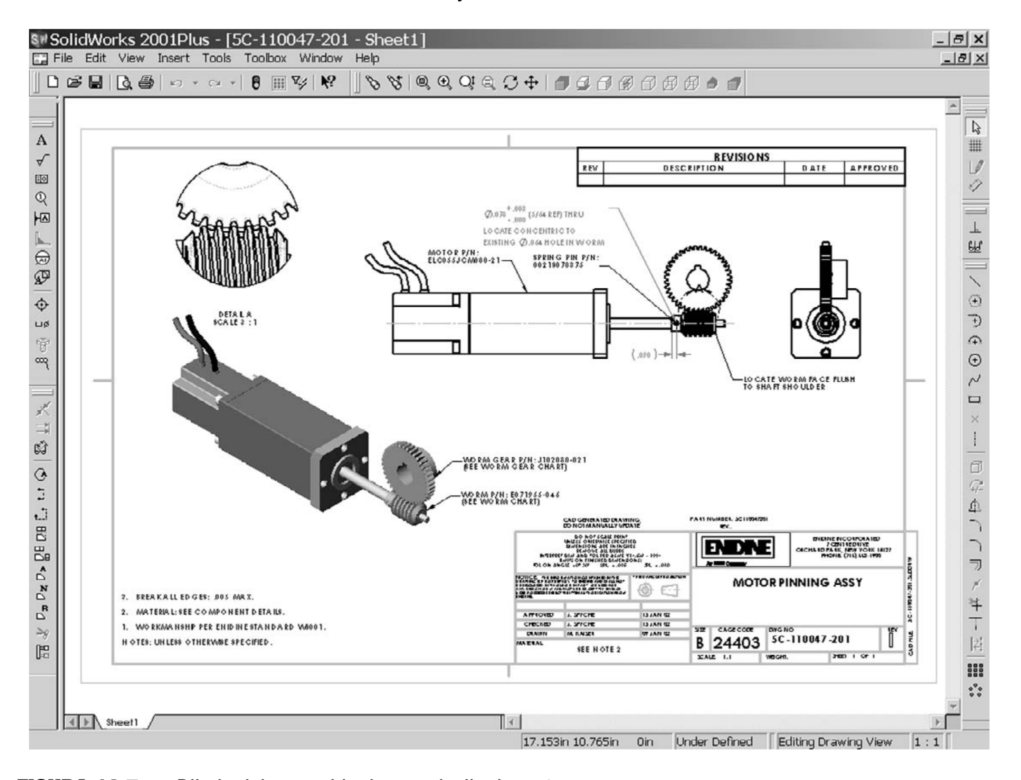
NO.	NOMBRE DE PARTE	REQD	MATL
30	ARANDELA ASEGURADORA $\frac{1}{4}$	1	
29	PERNO Y TUERCA CAB HEX TERM $\frac{1}{4}$ X 1"	1	
28	TORN MAQ CAB RED LG $\frac{5}{32}$ X $\frac{5}{16}$	4	
27	CUÑA WOODRUFF # 204.	2	
26	RUEDA ALUNDO 5 X $\frac{5}{8}$	1	
25	TUERCA DE RUEDA.	1	ACERO
24	ROLDANA PLANA.	2	ACERO
23	TORN. SUJECIÓN-PUNTA DE COPA $\frac{5}{32}$ X $\frac{3}{8}$	1	
22	PASADOR. $\frac{1}{8}$ X 1"	1	
21	ROLDANA PARA LA MANIVELA.	2	ACERO.
20	TUERCA ASEGURADORA ESPECIAL.	4	ACERO.
19	REST HERRAMIENTA.	1	IC.
18	PERNO DE ASA.	1	ACERO.
17	MANIVELA.	1	MADERA.
16	BOQUILLA.	1	BRONCE.
15	BOQUILLA.	1	BRONCE.
14	BOQUILLA.	1	BRONCE.
13	BOQUILLA.	1	BRONCE.
12	CUBIERTA DE LA CAJA.	1	IC.
11	PIÑÓN PEQUEÑO, PRESIONADO.	2	IC.
10	PIÑÓN PEQUEÑO, CON CUÑA.	1	IC.
9	ENGRANE GRANDE, PRESIONADO.	2	IC.
8	ENGRANE GRANDE, CON CUÑA.	1	IC.
7	MANGO DE LA RUEDA.	1	ACERO.
6	MANGO DE LA MANIVELA.	1	ACERO.
5	MANIVELA.	1	IC.
4	TORNILLO PRISIONERO DE ABRAZADERA.	1	IC.
3	ASA DE TORNILLO DE ABRAZADERA.	1	IC.
2	TORNILLO DE ABRAZADERA.	1	ACERO.
1	CAJA.	1	IC.

JOHN SMITH AND CO.
ST. LOUIS, MO.
ENSAMBLE DE ESMERILADORA

DIB POR	8-1-1996	VER POR	6-1-1996
TR POR	8-1-1996	APRB POR	6-1-1996
ESC. COMPLETA	SECCIÓN 80-X	R-145	

SIM | CORRECCIÓN | OK. | FECHA

■ **FIGURA 13.6** ■ Dibujo de ensamble de una esmeriladora.



■ **FIGURA 13.7** ■ Dibujo del ensamble de una clavija de motor. *Dibujo realizado por Enidine. Cortesía de SolidWorks Corporation.*

ITEM	NO. REQ'D	DESCRIPTION	SPUDNIK PART NO.
1	1	AXLE 4HOLE 1 x 12 WITH HUB PLATE	201034
2	8	BOLT 1/2 x 1-1/2 UNC-13 GRADE 5	501087
3	2	BOLT 3/8 x 1 UNC-16 GRADE 5	501049
4	4	BOLT 3/8 x 1-1/2 UNC-16 GRADE 5	501051
5	4	BOLT 3/8 x 3/4 UNC-16 GRADE 5	501216
6	1	BOLT 5/8 x 3 UNC-11 GRADE 5	501129
7	4	CAR BOLT 3/8 x 1	501349
8	4	CAR BOLT 3/8 x 1-1/2	501351
9	2	CASTER 1DIA x 3 WIDE 820LB RIGID	951145
10	1	FLAT BAR 3/8 x 3 x 18 LG	1115M38A-B1
11	2	FLNG_BRNG_2BLT_SCJT_1	231042
12	1	IDLER 60 PITCH 5/8 BORE 15 THOOTH #709	881079
13	1	KEY 1/4 x 1 1/2 SQUARE	502203
14	4	LUG BOLT 1/2-20 x 1-5/8	951028
15	4	LUG NUT 1/2-20	951116
16	1	MTR HYD 22.6 CU/IN 1DIA SHAFT 101-1016	601507
17	14	NUT 3/8-16NC	501809
18	8	NUT LOCK 1/2-13NC	501708
19	1	NUT LOCK 5/8-11NC	501275
20	1	PLANTER FILLER SWING DRIVE SHEILD	841084
21	1	RLR CHN 60 PITCH x 32-1/4 LG	351005A
22	1	RLR CHN MASTER LIND 60 PITCH	351010
23	2	SHEET 10GA x 10 x 10	1115M37A-B1
24	1	SPRCKT 60BS11 x 1 BORE	881033
25	1	SPRCKT 60BS18 x 1 BORE	881039
26	1	SWIVEL FRAME, WELDMENT	1115M32A
27	1	TIRE & RIM 480 x TUBELESS MOUNTED	951106
28	8	WSHR FLT 1/2	501906
29	6	WSHR FLT 3/8	501904
30	11	WSHR FLT 5/8	501907
31	18	WSHR LCK 3/8	501932

SPUDNIK EQUIPMENT COMPANY
P.O. Box 1045 Telephone 208-785-0480
Blackfoot, Idaho 83221

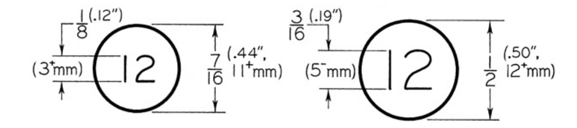
PROJECT TITLE:
PLANTER FILLING CONVEYOR, MODEL 1115
SPECIAL NOTE:
TEARSLEY
23 JAN 96
DRAWING TITLE:
SWIVEL FRAME ASSEMBLY

■ **FIGURA 13.8** ■ Dibujo de ensamble de un transportador. *Cortesía de Spudnik Equipment Co.*

13.6 ■ LISTAS DE PARTES

Una lista de materiales, o *lista de partes*, es una lista de elementos que incluye todas las partes de una estructura mostradas en un dibujo de detalle o de ensamble (ANSI Y14.34M-1996). A veces, esta lista se proporciona en una hoja por separado, pero por lo general se escribe de manera directa sobre el dibujo para no separarla de la figura y no incurrir en el riesgo de perderla. La lista de partes se muestra generalmente en la parte inferior o superior derecha del dibujo (figura 13.10).

Las partes se listan en un orden general por su tamaño o importancia. Primero se listan las fundiciones o forjados más importantes, después las partes de material cortado o rodado en frío, y por último las partes estándar como sujetadores, boquillas y cojinetes. Si la lista de partes está encima del cuadro o la tira de título, el orden de los elementos debe ir de abajo hacia arriba, de forma que siempre puedan agregarse nuevos elementos. Si la lista de partes se coloca en la esquina superior derecha, los elementos deben leerse de arriba hacia abajo (figura 13.10).



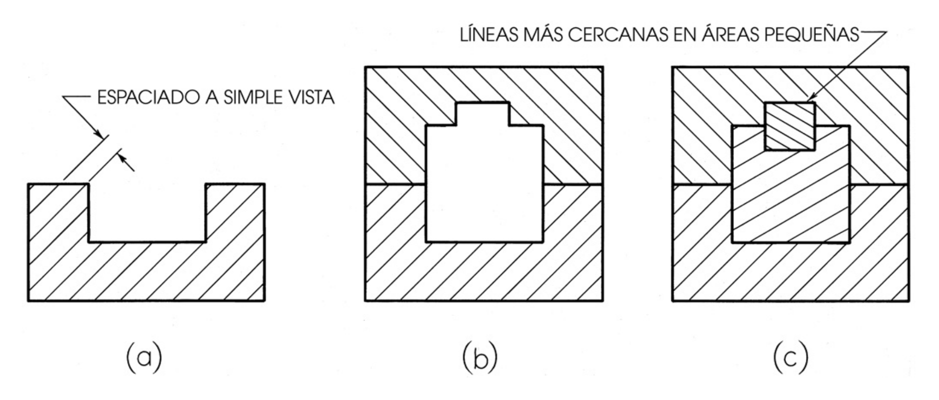
■ **FIGURA 13.9** ■ Números de elementos (también llamados números de localización).

Cada elemento del dibujo debe identificarse con la lista de partes mediante el uso de un pequeño círculo, o etiqueta circular, que contiene el número de localización, colocado a un lado del detalle (figura 13.9). En esta figura, se proporcionan dos tamaños diferentes que se usan de manera común para dibujar etiquetas circulares, dependiendo del tamaño del dibujo.

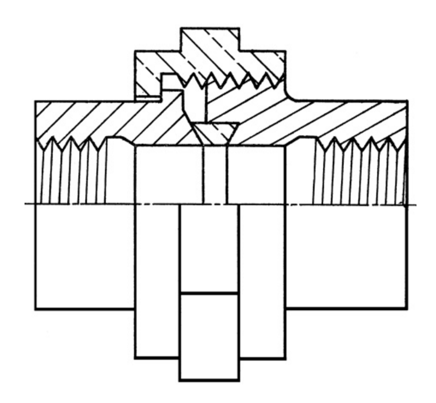
Las partes estándar, ya sean compradas o producidas por la misma compañía, no necesitan dibujos de detalle, pero deben mostrarse en el ensamble e incluirse en la lista de partes. Las partes como pernos, tornillos, cojinetes, pasadores y cuñas se identifican mediante el número de parte en el dibujo del ensamble y se especifican por medio el nombre y tamaño o número.

ITEM	NO. REQ'D	DESCRIPTION	SPUDNIK PART NO.
1	1	AXLE 4HOLE 1 x 12 WITH HUB PLATE	201034
2	8	BOLT 1/2 x 1-1/2 UNC-13 GRADE 5	501087
3	2	BOLT 3/8 x 1 UNC-16 GRADE 5	501049
4	4	BOLT 3/8 x 1-1/2 UNC-16 GRADE 5	501051
5	4	BOLT 3/8 x 3/4 UNC-16 GRADE 5	501216
6	1	BOLT 5/8 x 3 UNC-11 GRADE 5	501129
7	4	CAR BOLT 3/8 x 1	501349
8	4	CAR BOLT 3/8 x 1-1/2	501351
9	2	CASTER 1DIA x 3 WIDE 820LB RIGID	951145
10	1	FLAT BAR 3/8 x 3 x 18 LG	1115M38A-B1
11	2	FLNG_BRNG_2BLT_SCJT_1	231042
12	1	IDLER 60 PITCH 5/8 BORE 15 THOOTH #709	881079

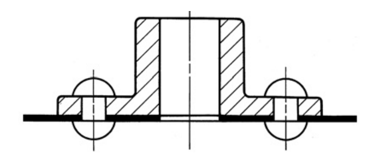
■ **FIGURA 13.10** ■ Identificación de detalles con una lista de partes.



■ **FIGURA 13.11** ■ Líneas de seccionamiento (tamaño completo).



■ **FIGURA 13.12** ■ Líneas de sección simbólicas.



■ **FIGURA 13.13** ■ Seccionamiento de partes delgadas.

13.7 ■ SECCIONAMIENTO DE ENSAMBLES

En las secciones de ensamble es necesario distinguir entre las partes adyacentes. Esto se logra dibujando las líneas de sección correspondientes a cada parte en direcciones diferentes (figura 13.11). En las áreas pequeñas es necesario dejar un espacio más pequeño entre las líneas de sección. Las líneas de sección en áreas adyacentes no deben coincidir con las líneas visibles que separan las áreas.

Para el uso general, se recomienda utilizar en los ensambles las líneas de sección de hierro fundido de propósito general. Cuando se desee proporcionar una indicación general de los materiales, pueden usarse líneas de sección simbólicas (figura 13.12).

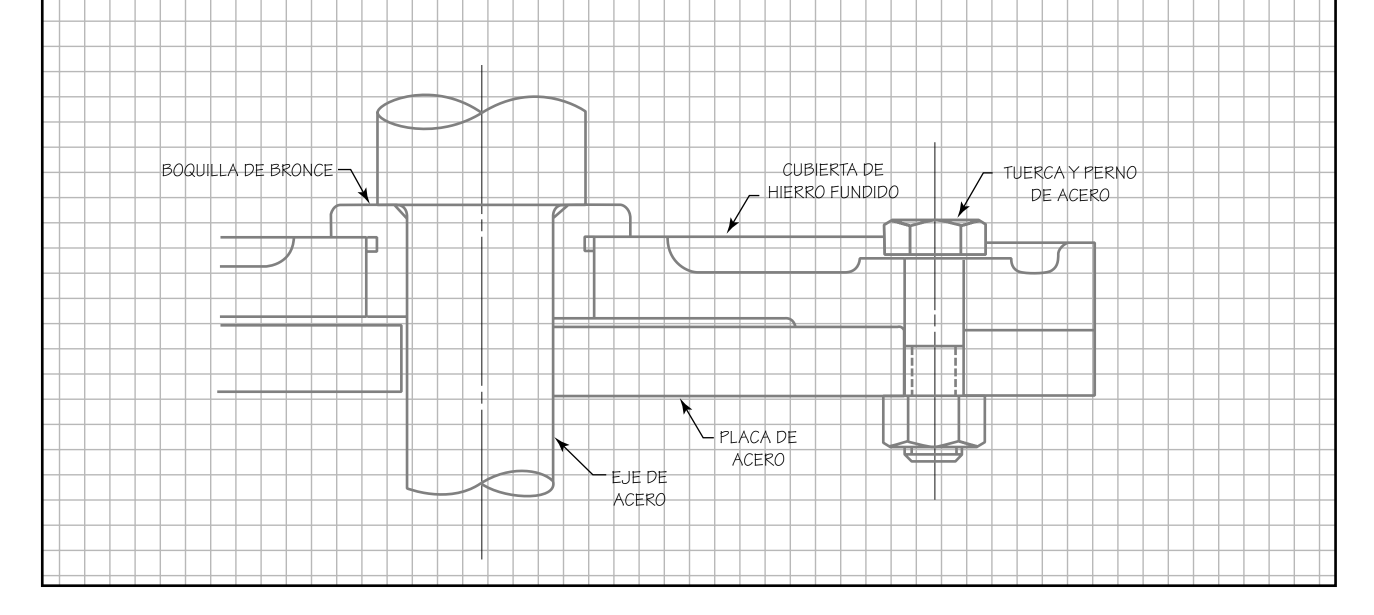
Al seccionar partes relativamente delgadas en ensambles, como cubrejuntas y partes de lámina metálica, las líneas de sección no resultan efectivas, por lo que dichas partes deben mostrarse en negro sólido (figura 13.13).

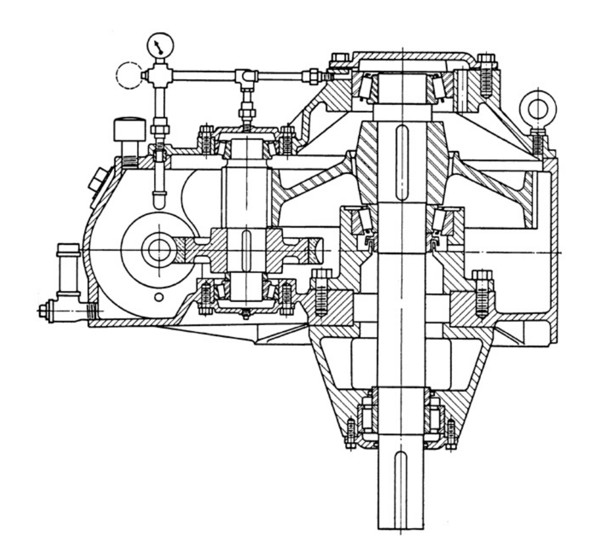


Manos a la obra 13.1

Tramas en los ensambles

A continuación se muestra el dibujo de un ensamble en sección completa, sin tramas que ayuden a identificar las diferentes partes (indicadas con etiquetas circulares). Utilice la lista de partes y localice el material para cada una de ellas (consulte el capítulo 7 para ver los patrones de trama de cada material). Dibuje las tramas para cada parte usando el patrón correcto; trace las líneas de las tramas en una dirección distinta para cada parte. Recuerde que las líneas de la trama deben ser delgadas en comparación con las líneas del objeto. Cuando las partes sean grandes, emplee líneas de trama en los contornos. Llene las partes seccionadas completamente en negro cuando sean demasiado pequeñas para que una trama resulte efectiva. Muestre los pernos y otras partes sólidas en el redondo.



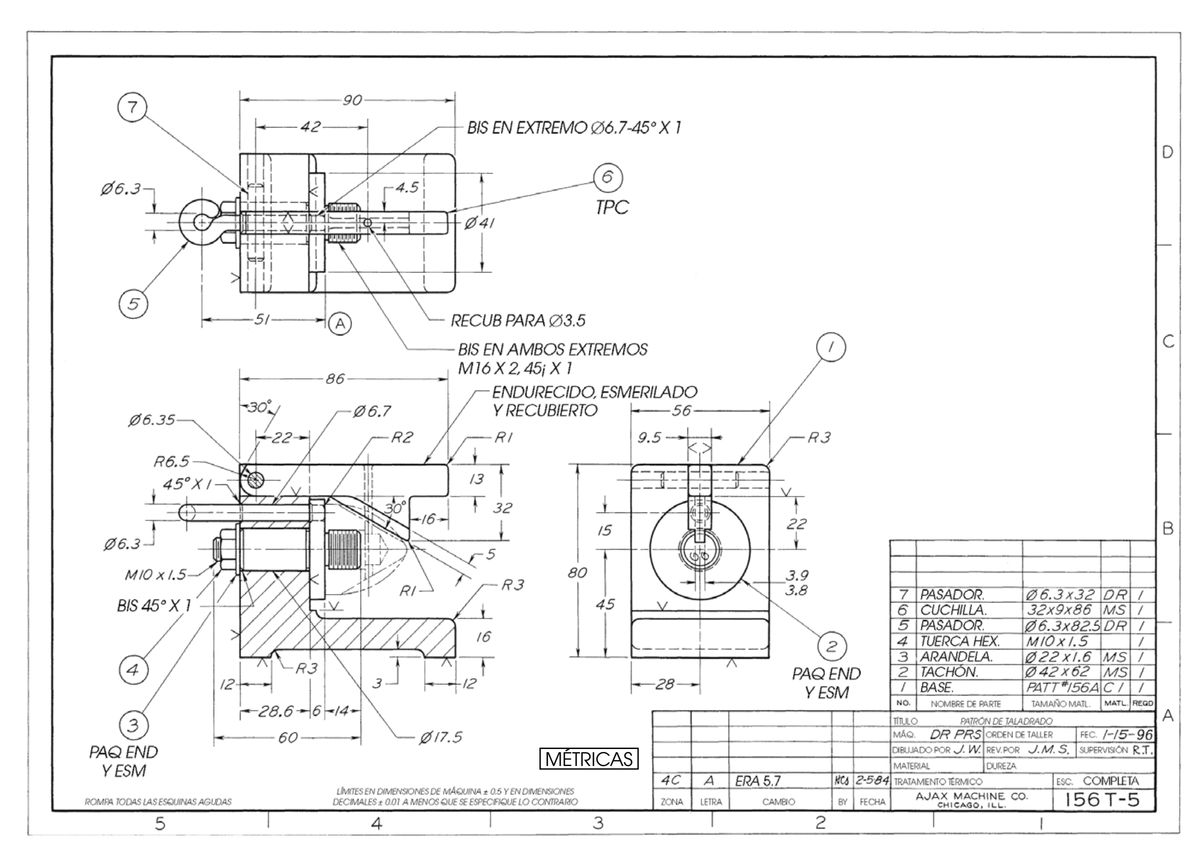


■ **FIGURA 13.14** ■ Sección de ensamble. *Cortesía de Hewitt-Robins, Inc.*

Los objetos sólidos y otras partes que tienen detalles interiores, y por lo tanto no requieren seccionamiento, deben mostrarse sin seccionar, o "en el redondo". Éstos incluyen pernos, tuercas, ejes, cuñas, tornillos, cojinetes circulares, dientes de engranaje, aletas y costillas (figura 13.14).

13.8 ■ DIBUJO DE FUNCIONAMIENTO DE UN ENSAMBLE

Un dibujo de funcionamiento de un ensamble (figura 13.15) es una combinación de un dibujo de detalle con uno de ensamble. Cuando el ensamble es lo suficientemente simple para que todas sus partes se muestren con claridad en un solo dibujo, puede utilizarse un dibujo combinado. En algunos casos, todas las partes excepto una o dos pueden dibujarse y dimensionarse con claridad en el dibujo de ensamble. Las pocas partes que no pueden mostrarse con claridad en el ensamble se detallan por separado en la misma hoja. Este tipo de dibujo es común en dibujos para válvulas, para subensambles de locomotoras, aviones, y dibujos de aparatos y patrones.



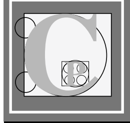
■ **FIGURA 13.15** ■ Dibujo de funcionamiento de ensamble de un patrón de taladrado.

13.9 ■ ENSAMBLES DE INSTALACIÓN

Un dibujo que muestra cómo instalar o construir una máquina o estructura es un *ensamble de instalación*. Este tipo de dibujo también se conoce como *ensamble de contorno* porque muestra sólo los contornos y las relaciones de las superficies exteriores. La figura 13.16 muestra un ensamble de instalación típico. En el diseño de aviones, un ensamble de instalación proporciona información completa para colocar los detalles o subensambles en sus posiciones finales en el avión.

13.10 ■ ENSAMBLES DE VERIFICACIÓN

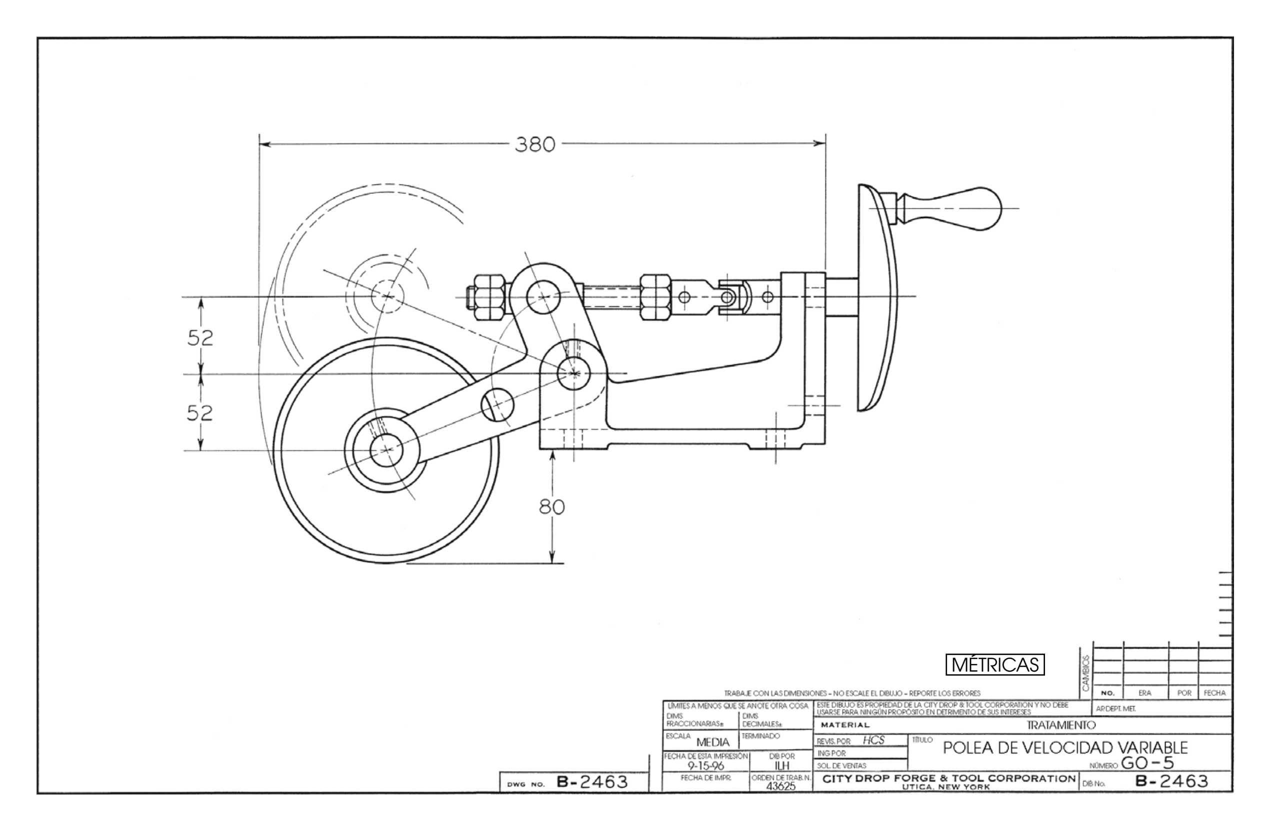
Después de que se han elaborado todos los dibujos de detalle de una unidad, puede ser necesario elaborar un *ensamble de verificación*, en especial si se realizó algún cambio en los detalles. Los ensambles de verificación deben crearse con precisión usando CAD para verificar detalles de manera gráfica y su relación en el ensamble. Después de que el ensamble de verificación ha cumplido su objetivo, éste puede convertirse en un dibujo de ensamble general.




Consejo práctico
Dibujo de funcionamiento de un ensamble

Los dibujos de trabajo de un ensamble son una forma excelente de proporcionar información a la fase de manufactura cuando las partes deben hacerse urgentemente para satisfacer una fecha límite o cuando un diseño tiene que retrabajarse. Como éstos incluyen tanto las dimensiones detalladas de las partes como el ensamble, muestran al técnico de manufactura el propósito de las tolerancias y cómo se ajustarán las partes entre sí. Esta comprensión del diseño ayuda al técnico de manufactura a asegurarse de que las partes estén hechas de manera correcta para ajustarse en el ensamble.

Cuando se tienen ensambles o subensambles pequeños es posible incluir los dibujos detallados de todas las partes en la misma hoja. Cuando haga esto, asegúrese de etiquetar claramente cada parte.



■ **FIGURA 13.16** ■ Ensamble de instalación.

13.11 ■ TIRAS DE TÍTULOS Y REGISTROS

La función de la tira de título y registros es mostrar toda la información necesaria que no se proporciona de manera directa en el dibujo con sus dimensiones y notas. El tipo de título utilizado depende del sistema de archivos utilizado, los procesos de manufactura y los requerimientos del producto. Por lo general, debe darse la siguiente información en la forma de título:

1. Nombre descriptivo del objeto representado.
2. Nombre y dirección del fabricante.
3. Nombre y dirección de la compañía compradora, si existe.
4. Firma del diseñador que hizo el dibujo y la fecha en que se completó.
5. Firma del verificador y la fecha en que se completó.
6. Firma del dibujante en jefe, el ingeniero en jefe u otro responsable y la fecha de aprobación.
7. Escala del dibujo.
8. Número del dibujo.
9. Tamaño de hoja.
10. Revisión.
11. Código CAGE.

Pueden proporcionarse otros datos, como el material, la cantidad, el tratamiento térmico, el terminado, la dureza, el número de patrón, el peso estimado, los números de los dibujos que puede remplazar y por los que puede ser remplazado, el símbolo de la máquina, y muchos otros elementos dependiendo de la organización de la planta y las peculiaridades del producto. Las figuras 13.17, 13.18 y 13.19 presentan algunos títulos comerciales típicos. Para ver formas de título tradicionales y tamaños de hoja aprobados por ANSI consulte la segunda de forros.

Por lo general, la forma de título se coloca a lo largo de la parte inferior de la hoja (figura 13.17), o en la esquina inferior derecha de la hoja (figura 13.19), de manera que el título pueda encontrarse con facilidad. Algunas veces los dibujos se archivan en cajones horizontales planos, y la esquina inferior derecha es una ubicación fácil de localizar. Sin embargo, se utilizan muchos sistemas de archivo distintos, y la ubicación de la forma de título no siempre es estándar.

Las letras deben ser de trazos sencillos verticales o mayúsculas góticas inclinadas, ya sean escritas a mano o mediante el uso de un sistema CAD. El número de dibujo debe ser el más notorio, seguido por el nombre del objeto y el nombre de la compañía. La fecha, la escala y los nombres del dibujante y el verificador son importantes y deben mostrarse con claridad pero no más que el número de

REPORTE TODOS LOS ERRORES AL RESPONSABLE
ALTERACIONES | FECHA DE CAMBIO
NO. REQUERIDO 1 | MATERIAL SAE 3115 | TRATAMIENTO TÉRMICO VEA LA NOTA
REMPLAZADO POR | REMPLAZA A | NO. DE PARTE ANTIGUO 563-310
ESCALA TAMAÑO COMPLETO
NOMBRE DE PARTE EJE DE GUSANO ALIMENTADOR
DIBUJADO POR SIMPLEX Y DUPLEX (1200)
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
KEARNEY & TRECKER CORPORATION
MILWAUKEE, WISCONSIN, U. S. A.
DIBUJADO POR H.F. | TRAZADO POR E.E.Z. | REVISADO POR C. STB. | APROBADO POR | FECHA 8-10-1996
UNIDAD 3134
TAMBIÉN USADO EN LAS PARTES ANTERIORES
PRIMERO USADO EN EL LOTE | ÚLTIMO USADO EN EL LOTE
17840 B

■ **FIGURA 13.17** ■ Tira de título.

NO ESCALE ESTE DIBUJO PARA LAS DIMENSIONES. MAQUINE LAS DIMENSIONES FRACCIONARIAS ± 1/64. TODAS LAS DIMENSIONES EN PULGADAS A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO.
2 MATL CAMB ETC. 10-22-83
1 ERA # 2345 ETC. 5-21-83
SIM CAMBIO FECHA
NOTAS DE CAMBIO
TRATAMIENTO TÉRMICO
SAE VII END
ROCKWELL C-50-56 NOTE 3
UBICACIONES DE PRUEBA
ESCALA COMPLETA
FECHA 8-10-1996
DIBUJADO POR S.G.
TRAZADO POR L. R.
REVISADO POR n. w.
APROBADO POR amB.
REDIBUJADO DE
CATERPILLAR TRACTOR CO.
EXECUTIVE OFFICES — SAN LEANDRO, CALIF.
NOMBRE PRIMERO, CUARTO Y TERCER PIÑÓN DE DESLIZAMIENTO
MATERIAL ACERO C. T. #1E 36 ② ①
FORJADO RECALCADO 3.875 REDONDO MAX
1A4045

■ **FIGURA 13.18** ■ Tira de título.

CANT REQ. | FSCM NO. | NO. DE IDENTIFICACIÓN O NO. DE PARTE | NOMENCLATURA O DESCRIPCIÓN | ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL
LISTA DE PARTES
A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA COSA LAS DIMENSIONES SON EN mm LAS TOLERANCIAS SON:
FRACCIONES ± | DECIMALES .X± .1 .XX± .05 | ÁNGULOS $\pm\frac{1}{2}$ 0
CONTRATO NO.
APROBACIONES | FECHA
DIBUJADO T. Q. VAXY 04/23/01
REVISADO
MATERIAL 6061 - T6 AL
TERMINADO VEA LAS NOTAS
NO ESCALE EL DIBUJO
MONTAJE, ENFRIADOR BASE
TAM. C | CÓDIGO CAGE | DIB. NO. 00119305-2 | REV. 3
ESCALA 4:1 | HOJA 1 de 1
A
2 1

■ **FIGURA 13.19** ■ Formato de hoja.

dibujo, el título y el nombre de la compañía. Los elementos importantes se indican con letras negritas, letras más grandes, un mayor espaciado entre las letras o por medio de una combinación de estos métodos. Para ver las alturas de las letras, consulte el Apéndice 16: Tamaños de letra.

Muchas compañías han adoptado sus propias formas de título; otras han preferido las recomendadas por ANSI y las han impreso en hojas de tamaños estándar o convertido en símbolos de CAD para insertarlos en los dibujos.

Los dibujos constituyen información importante y valiosa en relación con los productos de un fabricante; por lo general, se mantienen registros sistemáticos bien conservados y cuidadosamente diseñados para el archivo de los dibujos. Muchas grandes compañías mantienen sus registros de dibujo usando sistemas de almacenamiento electrónico y no conservan copias en papel. Estos dibujos electrónicos también pueden almacenarse y respaldarse de manera sistemática, y la historia de las revisiones puede rastrearse de manera más eficiente.

13.12 ■ NÚMEROS DE DIBUJO

Todos los dibujos deben numerarse. Algunas compañías usan números de serie como 60412, o un número con una letra de prefijo o sufijo que indica el tamaño de letra, como A60412 o 60412-A. El tamaño de letra A sería la estándar de 8-1/2 × 11 pulg o 9 × 12 pulg, y el tamaño B es un múltiplo del tamaño de letra A. Se utilizan muchos esquemas de numeración diferentes, en los que las distintas partes del número de dibujo indican cosas diferentes, como el número de modelo de la máquina y la naturaleza general o el uso de la parte. En general, resulta mejor utilizar un sistema de numeración simple y no cargar el número con demasiadas indicaciones.

Nota sobre Gráficos

Sistemas de administración de documentos técnicos

Chris Merrit de CADMAX Consulting en Atlanta, Georgia, se especializa en la creación de sistemas de administración de documentos técnicos útiles para compañías que emplean CAD. Merrit afirma que "la meta de cualquier sistema de administración de documentos técnicos (TDM, Technical Document Managment) bien diseñado es proporcionar un medio para que los usuarios realicen, busquen, editen, transfieran, almacenen e impriman documentos de una manera segura, organizada y productiva".

¿Demasiados dibujos de CAD?

A menudo, cuando las compañías se cambian a CAD y han estado creando dibujos por cierto número de años se dan cuenta que, súbitamente, tienen demasiados dibujos para su facilidad de encontrar en forma eficiente el dibujo que busca. Puede ser difícil recordar los nombres de archivo y la historia de las revisiones de los dibujos. ¿Es el dibujo encontrado el más actualizado? Aunque las compañías implementen un estándar para asignar nombres a los archivos, los documentos no podrán localizarse de manera eficaz a menos que haya algún tipo de proceso de búsqueda y recuperación automatizada. Otra consideración es que las revisiones previas de los dibujos deben almacenarse de manera que después puedan relocalizarse, en especial si la compañía tiene productos en el mercado que utilizaron una versión anterior y puedan necesitar soporte técnico o actualizaciones. Se requiere que la mayoría de la documentación para ingeniería se almacene durante el tiempo de vida del equipo o de manera permanente.

Chris recuerda una compañía manufacturera que el visitó y que tenía más de 18,000 dibujos de CAD, 2,000 de los cuales se descartaron en el proceso de limpieza porque representaban ejercicios o dibujos de equipo eliminado. Existían más de 2,500 dibujos duplicados que debían resolverse. Los dibujos estaban dispersos en discos flexibles, PCs individuales y servidores. Nadie sabía dónde estaba la última versión de muchos de los dibujos.

¿Por qué fallan los sistemas TDM?

Muchas veces, los sistemas de administración de documentos mueren en su infancia. A menudo, la falla inicial se debe a la falta de comprensión de los conceptos básicos de la administración de documentos y a no tener claras las metas del sistema. Se especifican elementos sofisticados que podrían no utilizarse nunca, al mismo tiempo que se pasan por alto elementos importantes que se necesitan a diario. Un problema frecuente es que la persona responsable del proyecto de TDM carezca de la autoridad suficiente dentro de la compañía para obtener la aceptación y fortalecer los cambios de hábito necesarios para hacer que el sistema de administración de documentos funcione. Por otro lado, algunas compañías esperan demasiado en la fase de búsqueda, mientras la necesidad de tener un sistema y el número de documentos sin administrar siguen creciendo. La mayoría de las compañías invierten aproximadamente dos años para tomar la determinación de implantar un sistema.

Software de TDM

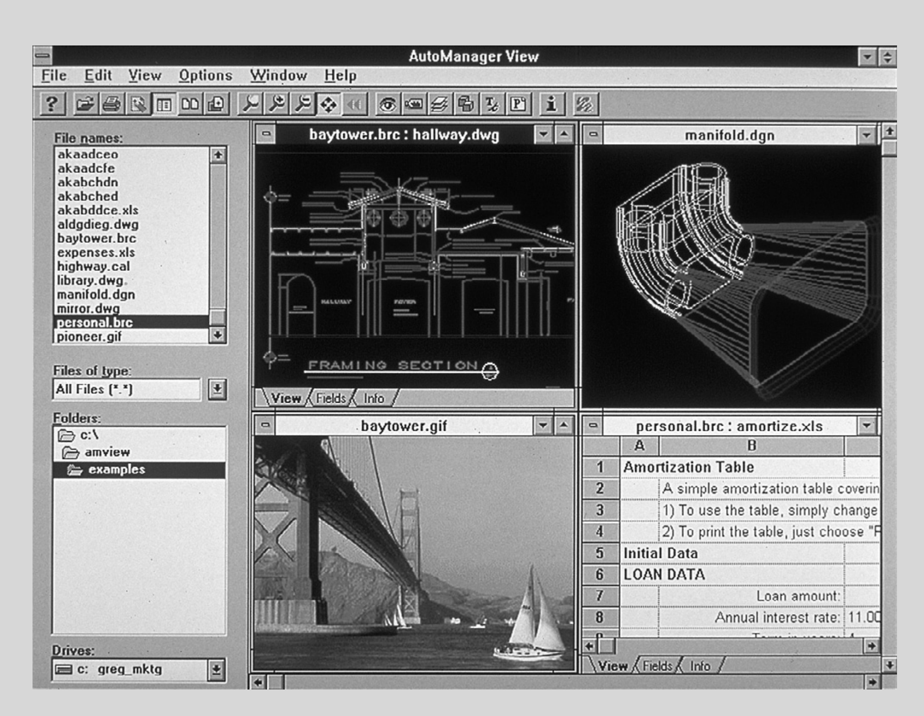
Uno de los paquetes de software para el TDM que Chris recomienda más a menudo, es el AutoManager-WorkFlow de Cyco International, Inc. Éste puede personalizarse con facilidad debido a su lenguaje de programación propio, y una vez que está en funcionamiento, necesita poco mantenimiento. Es posible diseñar, probar y crear prototipos para la mayoría de los elementos en una sola PC. La mayor parte de la información relativa a los documentos, almacenada de manera electrónica y que ya se tiene recopilada, puede transferirse a su base datos. Y resulta relativamente rápido y fácil diseñar una demostración clara de su capacidad con datos y documentos propios.

Obtención de resultados

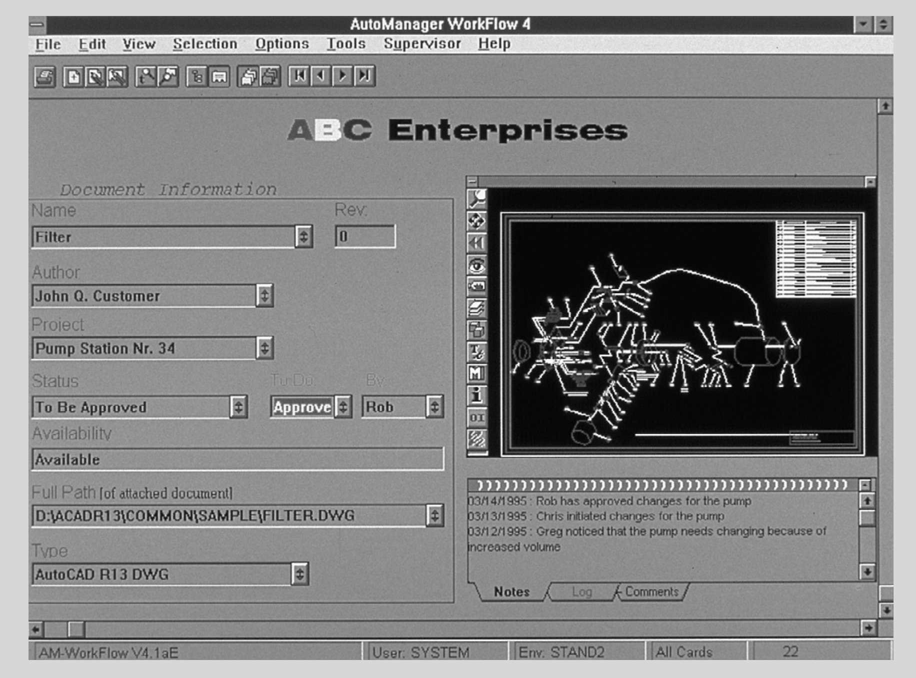
Para implementar un sistema TDM, los administradores deben apoyar la inversión de tiempo que implica un gran esfuerzo para limpiar el sistema de archivos. Esto puede consumir más tiempo que la obtención y la puesta en marcha real del software, pero es una inversión redituable. Puede ser tan valiosa como las mejoras en la capacidad para administrar los documentos que se han creado.

Un sistema de administración de documentos técnicos bien diseñado tiene los siguientes componentes:

- Una estructura de directorios consistente para almacenar todos los documentos.
- Una nomenclatura para denominar documentos.
- Procedimientos establecidos para:
  - Crear documentos.
  - Buscar documentos.
  - Editar documentos.
  - Transferir documentos hacia y desde un servidor.
  - Imprimir o graficar documentos.



(A) Cortesía de Cyco International, Inc.



(B) Cortesía de Cyco International, Inc.

Parte del beneficio obtenido al trabajar con CAD es la creación de una base de datos útil que documenta los proyectos realizados. Si una compañía no puede recuperar los archivos anteriores, no podrá darse cuenta de muchos de los beneficios de un sistema CAD. Es necesario recordar que cuando se justifique el gasto en un sistema CAD, debe valorarse el tiempo ahorrado por no tener que redibujar ciertas geometrías, la capacidad de reutilizar dibujos para diferentes propósitos y contar con la capacidad de acceder rápidamente a la información. Si la recuperación y la asignación de nombres a los archivos es un problema en sus programas de CAD, un sistema de administración de dibujos bien diseñado puede ser la forma de alcanzar algunos de los beneficios esperados desde que se eligió CAD como una solución.

Los caracteres del número de dibujo deben tener una altura de 7 mm (.250 pulg) y colocarse en las esquinas inferior derecha y superior izquierda de la hoja.

13.13 ■ CÓDIGO CAGE

Los códigos de la Commercial and Government Entity (CAGE) se han adoptado de manera amplia en la industria para identificar dibujos. Los códigos CAGE se enlistan en el *Cataloging Handbook H4/H8* disponible a través del Defense Logistics Services Center, Battle Creek, MI 49017-3084.

13.14 ■ ZONIFICACIÓN

Para facilitar la localización de un elemento dentro de un dibujo grande o complejo se etiquetan intervalos regulares a lo largo de los márgenes (casi siempre sólo en el derecho y el inferior). Los intervalos en el margen horizontal se etiquetan de derecha a izquierda con números, y los intervalos en el margen vertical se etiquetan de abajo hacia arriba con letras. La zonificación en los dibujos de ingeniería es similar a la zonificación con letras y números de los mapas que ayudan a localizar una ciudad o calle.

13.15 ■ VERIFICACIÓN

La importancia de la precisión en el dibujo técnico no puede sobrestimarse. En las oficinas comerciales, algunas veces los errores causan tremendos gastos innecesarios. La firma en un dibujo identifica quién es el responsable de la exactitud del trabajo.

En las oficinas pequeñas, usualmente la verificación la hace el diseñador. En las oficinas grandes, algunos ingenieros o técnicos de manufactura experimentados, llamados verificadores, dedican la mayor parte de su tiempo a la revisión de dibujos para entregarlos a manufactura.

El dibujo completo es verificado cuidadosamente por el diseñador en cuanto a su funcionamiento, economía y viabilidad; el verificador final debe ser capaz de descubrir todos los errores restantes. Para ser eficaz, esto debe realizarse de manera sistemática. El verificador debe estudiar el dibujo con atención especial en los siguientes puntos:

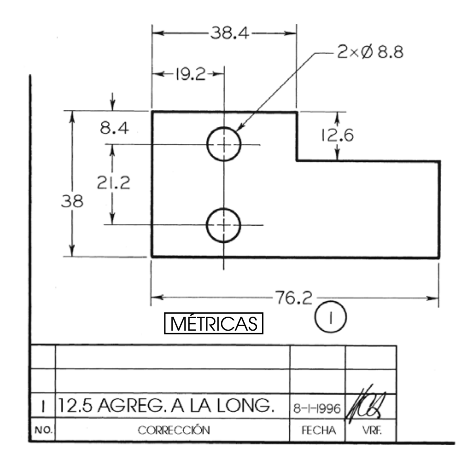
1. Robustez del diseño, relativo al funcionamiento, la fortaleza, los materiales, la economía, la facilidad de manufactura, la capacidad de servicio, la facilidad de ensamble y reparación y la lubricación.
2. Selección adecuada de vistas, vistas parciales, vistas auxiliares, secciones y letreros.
3. Dimensiones, con referencia especial a la repetición, ambigüedad, legibilidad, omisiones, errores y marcas finales. Debe prestarse particular atención a las tolerancias.
4. Partes estándar. Por motivos de economía, la mayor cantidad posible de partes deben ser estándar.
5. Notas, especialmente lo referente a la claridad de las palabras y la legibilidad.
6. Márgenes. Las partes móviles deben verificarse en todas las posiciones posibles para asegurar la libertad de movimiento.
7. Datos suficientes y correctos en el cuadro de título.

13.16 ■ REVISIONES

Los cambios en los dibujos se necesitan debido a cambios en el diseño, cambios en las herramientas, deseos de los clientes, o errores en el diseño o en la producción. Para que todas las fuentes de cambios en los dibujos liberados puedan ser entendidas, verificables y evidentes, debe hacerse un registro exacto de todos los cambios en los dibujos. El registro debe mostrar el carácter del cambio y por quién, cuándo y el porqué se realizó.

Los cambios se hacen de manera directa al cambiar el dibujo de CAD o el bosquejo original o, en algunas ocasiones, modificando una reproducción del original. Las adiciones se hacen por lo general al dibujo o archivo de CAD original; no se recomienda eliminar información tachándola. Si una dimensión se cambia y la parte no vuelve a dibujarse para reflejar el tamaño correcto, subraye la dimensión con una línea gruesa para indicar que no está a escala. Deben conservarse impresiones de cada artículo, microfilms o un registro electrónico permanente (como un archivo almacenado en CD-ROM) para mostrar cómo aparecía el dibujo antes de la revisión. Las impresiones más antiguas serán remplazadas por impresiones nuevas cada vez que se realice un cambio.

Si se necesita un cambio considerable, debe hacerse todo el dibujo nuevamente; el original debe marcarse con la palabra OBSOLETO y colocarse en el archivo de "obsoletos". En el cuadro de título del dibujo antiguo se introducen las frases REMPLAZADO POR ... o SUSTITUIDO POR ... seguidas por el número del nuevo dibujo. En el dibujo nuevo, se introduce el número del dibujo antiguo debajo de REMPLAZA A ... O SUSTITUYE A ...



■ **FIGURA 13.20** ■ Revisiones.

Se utilizan diversos métodos para hacer referencia al área de un dibujo donde se hace un cambio, poniendo la entrada correspondiente en el bloque de revisiones. El más común es colocar números o letras en pequeños círculos o triángulos cercanos a los sitios donde se realizaron los cambios y utilizar los mismos números o letras en el bloque de revisiones (figura 13.20). En los dibujos zonificados se especifica la zona de la corrección en el bloque de revisiones. Además, debe describirse el cambio en forma breve y proporcionarse la fecha y las iniciales de la persona que realizó el cambio.

13.17 ▪ REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA

El tiempo que se invierte en la elaboración de dibujos es un elemento considerable del costo total de un producto. Cuando sea posible, se recomienda simplificar el dibujo sin que ello signifique una pérdida de claridad para el usuario.

El Manual de Bosquejos Estándar Nacional Estadounidense (*American National Standard Drafting Manual)*, publicado por el Instituto de Estándares Nacionales Estadounidenses (*American National Standards Institute*), incorpora las mejores y más representativas prácticas en Estados Unidos. Estos estándares defienden la simplificación de muchas maneras; por ejemplo, a través de vistas parciales, vistas medias, símbolos de rosca, símbolos de tubería y dibujos de resortes con una sola línea. Cualquier línea o letrero que no se necesite debe omitirse. A continuación se presenta un resumen de las prácticas para simplificar la representación:

1. Siempre que resulte práctico, use una descripción escrita en algún sitio del dibujo.
2. Nunca muestre vistas innecesarias. A menudo una vista puede eliminarse mediante el uso de abreviaturas o símbolos como HEX, CUAD, DIA, Ø, □ and ℄ .
3. Siempre que sea posible utilice vistas parciales en lugar de vistas completas. Muestre vistas medias de las partes simétricas.
4. Evite los detalles elaborados, ilustrativos o repetitivos tanto como sea posible. Utilice líneas fantasma para evitar la repetición de elementos.
5. Cuando sea posible, liste en lugar de mostrar partes estándar como pernos, tuercas, cuñas y pasadores.
6. Omita las líneas ocultas innecesarias.
7. Use líneas de sección de contorno en áreas seccionadas grandes cuando esto pueda hacerse sin perder claridad en el dibujo.
8. Omita la duplicación innecesaria de notas y letreros.
9. Siempre que sea posible, use representación simbólica, como los símbolos de tubería y símbolos de rosca.
10. Siempre que resulte práctico, bosqueje a mano alzada.
11. Evite en la medida de lo posible el uso de letras hechas a mano. Por ejemplo, la lista de partes debe hacerse por un medio mecánico o computadora.
12. Cuando sea factible, utilice dispositivos ahorradores de trabajo, como plantillas y letras en calcomanía.
13. Use dispositivos electrónicos o gráficos de computadora para el diseño, dibujo y trabajo repetitivo.

Algunas industrias han intentado simplificar aún más sus prácticas de dibujo; cuando éstas sean aceptadas de manera general por la industria podrán incluirse en los estándares de ANSI, hasta ese momento se recomienda seguir los estándares tal como se han ejemplificado a lo largo de este libro.

13.18 ▪ DIBUJOS DE PATENTE

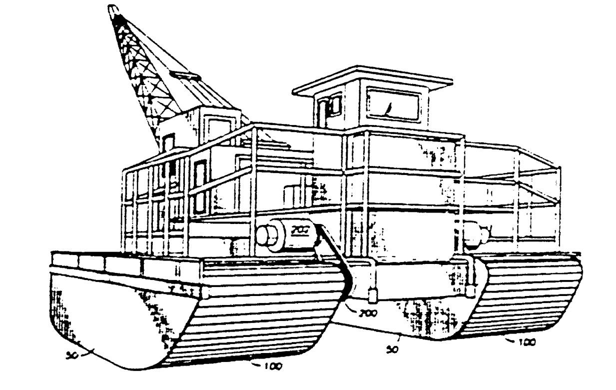
La solicitud de patente de una máquina o dispositivo debe incluir dibujos para ilustrar y explicar el invento. Resulta esencial que todos los dibujos de patente sean mecánicamente correctos y constituyan ilustraciones completas de cualquier elemento del invento declarado. Los requerimientos estrictos de la oficina de patentes de Estados Unidos ayudan a que la oficina examine las solicitudes e interprete los elementos relacionados con una patente. Las figuras 13.21 y 13.22 muestran dibujos de patente.

Los dibujos para las solicitudes de patente tienen una naturaleza ilustrativa, explícita y, por lo tanto, no se detallan como los dibujos de trabajo. No se incluyen líneas centrales ni dimensiones ni notas. Las vistas, elementos y partes se identifican mediante números que hacen referencia a las descripciones y explicaciones dadas en la sección de especificaciones de la solicitud de patente.

Los dibujos de patente se hacen con tinta negra permanente sobre papel pesado, suave y blanco, con un tamaño exacto de 10 × 15 pulg y con bordes de 1 pulg en todos sus lados. Todas las líneas deben ser sólidas, negras y útiles

■ **FIGURA 13.21** ■ Dibujo ilustrativo de patente.

5,511,508
PONTOON RUNNER SYSTEM
John M. Wilson, Sr., and Dean R. Wilson, both of Marrero, La., assignors to Wilco Marsh Buggies & Draglines, Inc., La.
Filed Apr. 21, 1994, Ser. No. 230,618
Int. Cl.⁶ B63B *3/00*
U.S. Cl. 114—356 **10 Claims**





(12) **United States Patent**
Owen

(10) **Patent No.: US 6,321,657 B1**
(45) **Date of Patent: Nov. 27, 2001**

(54) **RAIL TRANSIT SYSTEM**

(76) Inventor: **William E. Owen**, 481 S. Keeler Woods Dr., Marietta, GA (US) 30064

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) Appl. No.: **09/260,144**

(22) Filed: **Mar. 1, 1999**

Related U.S. Application Data

(60) Provisional application No. 60/076,593, filed on Mar. 3, 1998.

(51) **Int. Cl.**[7] **B61B 13/04**

(52) **U.S. Cl.** .... **104/119**; 104/28; 104/124; 188/38; 188/41; 238/382; 246/122 R

(58) **Field of Search** .... 104/118, 119, 104/120, 121, 124, 28; 246/108, 109, 110, 123, 34 R; 52/174, 381, 382, 125.1, 126.5; 188/38, 41, 62

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,122,105		2/1964	Scherer .	
3,225,703		12/1965	Lemcke	104/120
3,399,629		9/1968	Hawes	104/118
3,503,471		3/1970	Balke .	
3,677,188	*	7/1972	Bordes	104/120
3,865,040	*	2/1975	Steen	104/118
3,868,908	*	3/1975	Pelabon	105/1 R
3,871,303		3/1975	Woodling .	
3,890,904	*	6/1975	Edwards	104/121
3,919,947	*	11/1975	Simon et al.	104/124
3,956,994	*	5/1976	Barry	104/88
4,000,702		1/1977	Mackintosh .	
4,195,576	*	4/1980	Gutridge	104/121
4,313,383	*	2/1982	Parazader	104/124
4,503,778	*	3/1985	Wilson	104/28
4,690,064		9/1987	Owen	104/119
4,727,814	*	3/1988	Nielsen	105/1.1
5,006,847	*	4/1991	Rush et al.	246/122 R
5,176,082	*	1/1993	Chun et al.	104/28
5,364,047	*	11/1994	Petit et al.	246/122 R
5,372,072	*	12/1994	Hamy	104/119
5,456,183		10/1995	Geldbaugh	104/121
5,651,318	*	7/1997	O'Donohue	104/124
5,797,330	*	8/1998	Li	104/28
5,927,444	*	7/1999	Checketts	188/41
5,934,198	*	8/1999	Fraser	104/119
5,992,575	*	11/1999	Kim	188/38
6,027,033	*	2/2000	Vanhonacker	238/382

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

1 935 769	9/1970	(DE) .
1 558 539	1/1969	(FR) .
2 266 621	10/1975	(FR) .
WO 93 01961	2/1993	(WO) .

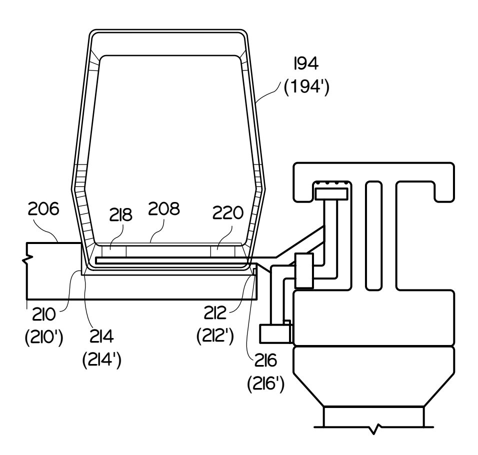
* cited by examiner

Primary Examiner—S. Joseph Morano
Assistant Examiner—Lars A. Olson
(74) *Attorney, Agent, or Firm*—Pillsbury Winthrop LLP

(57) **ABSTRACT**

A monorail transit system includes transit drive units for supporting a transit car body on a beam and propelling the body along the beam. Improvements to the transit system include a quiet steel rail with vibration isolation for the beam, a vehicle braking system using a fixed plat engaged with a steel rail to arrest motion of the drive unit, a beam stabilizing support structure comprising a column with an insert that extends into a hollow beam portion, a drive unit coupled to the transit car body so as to be able to rotate with respect to the body while the drive unit and transit car body are traversing a curve in the rail, a leveling system for automatically leveling the car body with respect to a loading platform and a mechanism for automatically tilting the car body in response to centrifugal forces and then leveling the body, an articulating car body for accommodating curved beams, and a mechanism for providing positive traction on an inclined steel rail.

14 Claims, 24 Drawing Sheets



■ **FIGURA 13.22** ■ Dibujo ilustrativo de patente. *Copia proporcionada por USPTO de la base de datos en imagen CSIR el 30-11-2001.*

para su reproducción en un tamaño más pequeño. El sombreado con líneas se utiliza siempre que esto mejore la legibilidad. Se deja un espacio en la parte superior del dibujo de al menos 1.25 pulg para el encabezado, título, nombre y otros datos agregados por la oficina de patentes.

Los dibujos deben contener todas las figuras necesarias para mostrar el invento claramente; no existe restricción en el número de hojas. Las figuras pueden ser vistas planas, de elevación, de sección, ilustrativas y de detalle de las distintas porciones o elementos, y pueden dibujarse a una escala mayor si esto es necesario. Las firmas requeridas deben colocarse en la esquina inferior derecha del dibujo, ya sea dentro o fuera de la línea del borde.

Debido a los estrictos requerimientos de la oficina de patentes, cuando se hace una solicitud se recomienda recurrir a alguien con experiencia que asesore en la elaboración del dibujo. Como una ayuda para preparar los dibujos que serán anexados a una solicitud de patente, se puede utilizar la *Guide for Patent Draftsmen* (Guía para Dibujantes de Patentes) que se obtiene de las oficinas de documentos de la U.S. Government Printing Office, Washington, DC 20402.



Es posible encontrar información sobre leyes y reglas de patente buscando en KuesterLaw, un sitio Web sobre leyes y tecnología: **http://www.kuesterlaw.com.**

PALABRAS CLAVE

BLOQUE DE TÍTULO
CONCEPTOS
DIBUJO DE DETALLE
DIBUJO DE ENSAMBLE
DIBUJO DE FUNCIONAMIENTO
DIBUJOS DE PATENTE
DIBUJOS DE PRODUCCIÓN
DIBUJOS DE TRABAJO
ETAPAS DEL DISEÑO
MODELOS
NÚMERO DE DIBUJO COMPUTARIZADA
PROTOTIPO
REALIDAD VIRTUAL
REFINAMIENTO
SIMULACIÓN
TIRAS DE REGISTRO
VERIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN

RESUMEN DEL CAPÍTULO

- Los dibujos finales creados durante el proceso de diseño incluyen dibujos de ensamble, de trabajo, de diseño y de patente.
- Los dibujos de ensamble no tienen que mostrar todas las vistas necesarias para describir la función del dispositivo, sino sólo la información suficiente de manera que un trabajador pueda ensamblar las partes de manera correcta.
- Por lo general, los dibujos de ensamble no muestran dimensiones, a menos que éstas sean críticas para el ensamble de las partes.
- Una lista de partes muestra el número de parte que aparece en una etiqueta circular, una descripción, el material, la cantidad requerida y alguna otra información necesaria de las partes dentro de un ensamble.
- Al mostrar dibujos de detalle, usualmente se incluye uno de ellos en cada hoja para que sean fáciles de reutilizar. Los dibujos de detalle muestran las vistas necesarias, dimensiones, notas y las especificaciones de material necesarias para manufacturar partes individuales.
- Las partes en existencia que pueden comprarse o suministrarse con facilidad no se muestran en dibujos de detalle a menos que vayan a ser modificadas para el diseño.
- Existen muchas revisiones a los dibujos durante el proceso de diseño. Debe mantenerse un registro de cada versión y de los cambios realizados.

PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Cuáles son los requerimientos especiales de un dibujo de patente?
2. ¿Qué tipos de datos se incluyen en un dibujo de ensamble?
3. ¿En qué se diferencia un dibujo de detalle de un dibujo de ensamble?
4. ¿Por qué se enumeran los dibujos? ¿Por qué la numeración es tan importante?
5. Describa el proceso de revisión de un dibujo. ¿Por qué es tan importante mantener un registro del proceso de revisión?
6. ¿Cómo se almacenan los dibujos en papel revisados? ¿Cómo se almacenan los dibujos realizados en CAD?
7. ¿Cuáles son las ventajas del modelado en computadora?, ¿Cuáles son sus desventajas?

PROYECTOS DE DIBUJOS DE TRABAJO

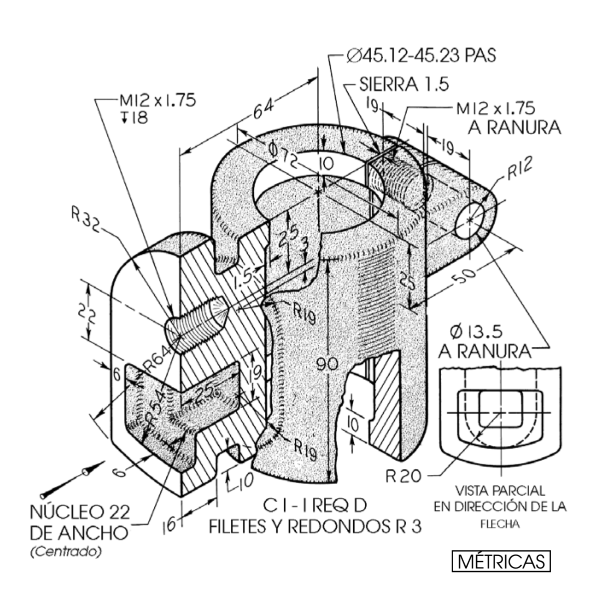
Los proyectos de las figuras de la 13.23 a la 13.84 proporcionan práctica en la elaboración de dibujos de trabajo regulares del tipo utilizado en la industria. Muchos proyectos, en especial los de ensambles, ofrecen una oportunidad excelente de rediseñar o mejorar el diseño existente. Debido a las variaciones en los tamaños y en las escalas que pueden utilizarse, se pide seleccionar los tamaños de hoja y escalas apropiadas para el propósito del dibujo final. Los esquemas estándar de hoja se muestran dentro de la cubierta frontal de este libro.

Utilice el sistema recomendado (métrico), o el sistema completo de pulgadas decimales (Sistema Inglés o Sistema Internacional), que también es aceptable, según se asigne para el proyecto. Puede asignarse un dimensionamiento unidireccional o alineado. Los proyectos se presentan en forma ilustrativa. No siempre debe seguirse la colocación de las dimensiones y las marcas de terminado como se muestra en el dibujo. En la mayoría de los casos, las dimensiones dadas son las necesarias para fabricar las partes, pero no en todos los casos son las dimensiones que deben mostrarse en el dibujo de funcionamiento. En los problemas gráficos se muestran las superficies burdas y terminadas, pero generalmente las marcas de terminado se omiten. Deben colocarse todas las marcas de terminado necesarias y poner todas las dimensiones en los sitios preferidos en los dibujos finales.

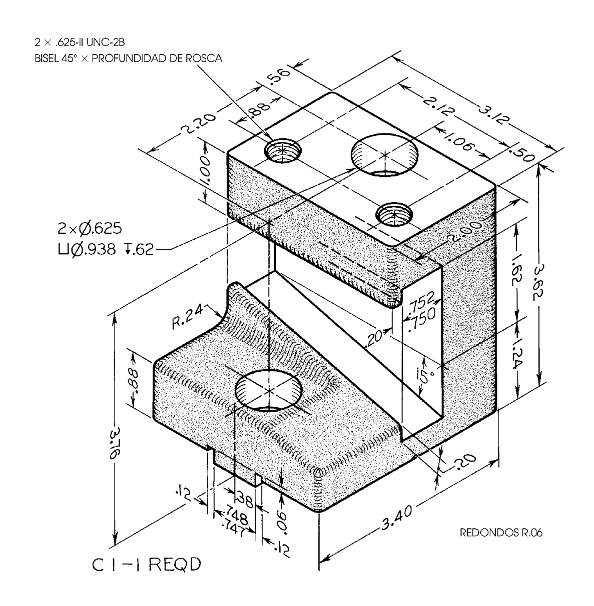
Cada problema debe ser precedido por un bosquejo dimensionado por completo antes de continuar con la creación de dibujos de CAD o modelos tridimensionales. Puede adaptarse cualquiera de los bloques de título en la cubierta frontal de este libro, o diseñarse un bloque de título según lo determine su profesor.

PROYECTO DE DISEÑO

Diseñe una mejora a nuestros sistemas de transporte por tierra, mar o aire. Los vehículos, controles, carreteras y aeropuertos necesitan un mayor refinamiento. Haga un dibujo de ensamble que muestre cómo se ajustan las partes de su diseño. Utilice etiquetas circulares para identificar las partes y haga una lista de partes.



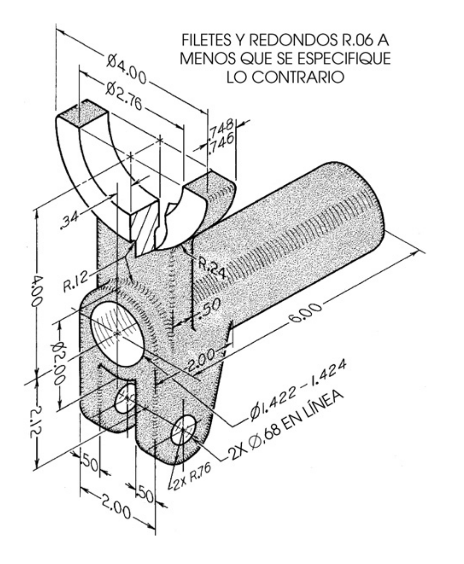
■ **FIGURA 13.23** ■ Ménsula de mesa. Proy. 13.1. Elabore un dibujo de detalle; para ello utilice un tamaño de hoja B o A3.



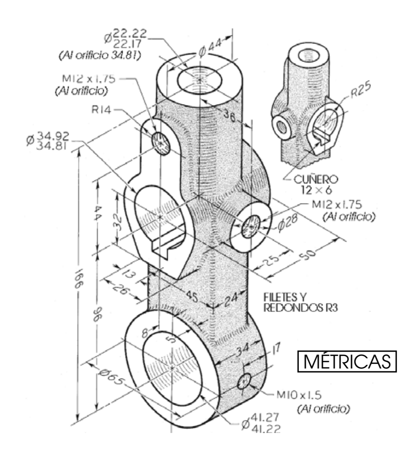
■ **FIGURA 13.24** ■ Poste de herramienta RH. Proy. 13.2: Elabore un dibujo de detalle; para ello utilice una hoja de tamaño B o A3. Si así se asigna, convierta las dimensiones al sistema métrico.

.375-16UNC-2B
Ø1.623 – 1.625
FILETES Y REDONDOS R.063.
4 x .25-20UNC-2B
(Perforación)
CI
1 REQD
VISTA INFERIOR PARCIAL
(ESCALA REDUCIDA)
4 x Ø.375

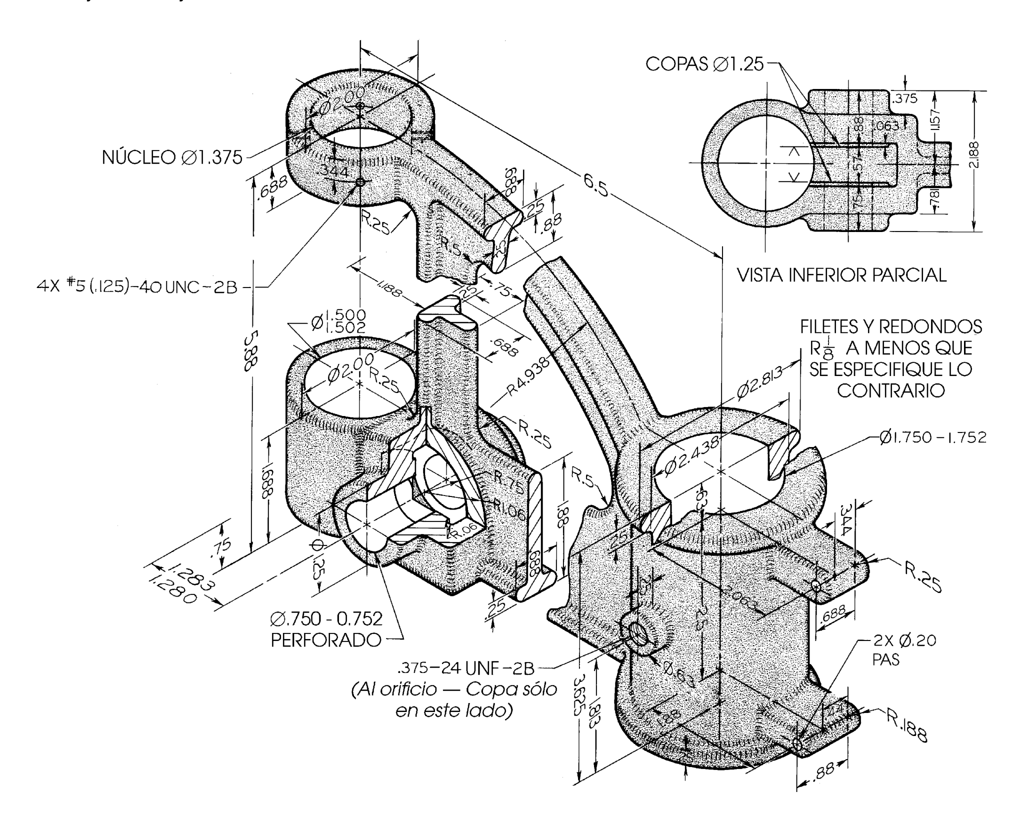
■ **FIGURA 13.25** ■ Base de prensa para taladro. Proy. 13.3: Elabore un dibujo de detalle; para ello utilice una hoja de tamaño C o A2. Use dimensiones métricas unidireccionales o pulgadas decimales.



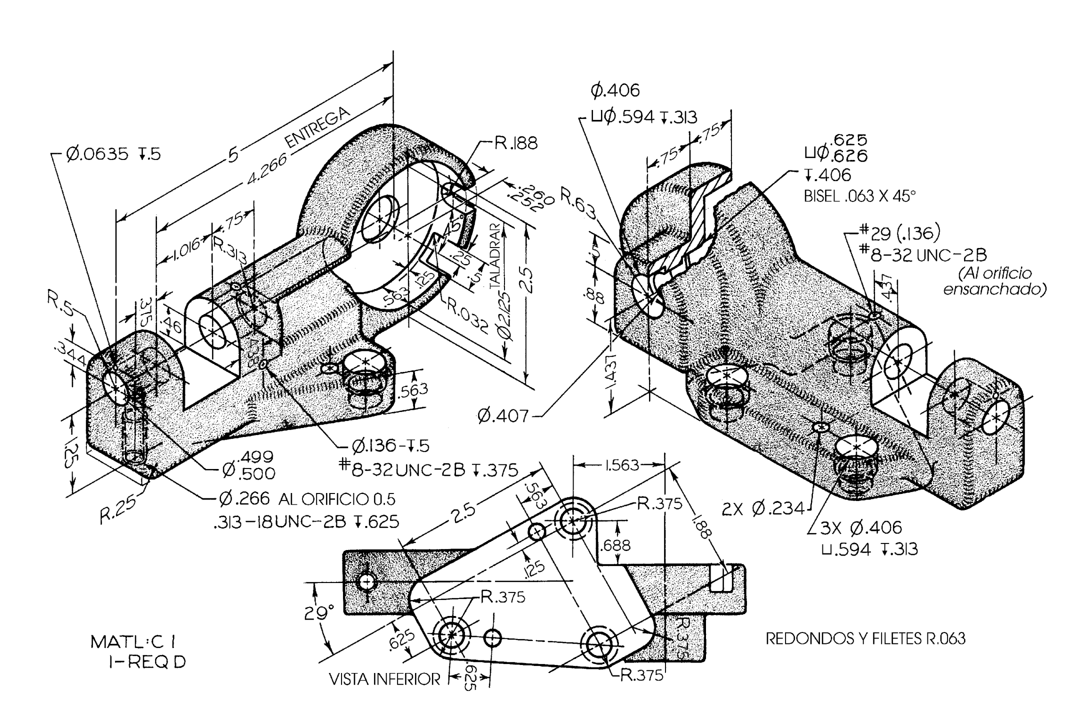
■ **FIGURA 13.26** ■ Horquilla de cambios. Proy. 13.4: Elabore un dibujo de detalle; para ello utilice una hoja de tamaño B o A3. Si así se asigna, convierta las dimensiones al sistema métrico.



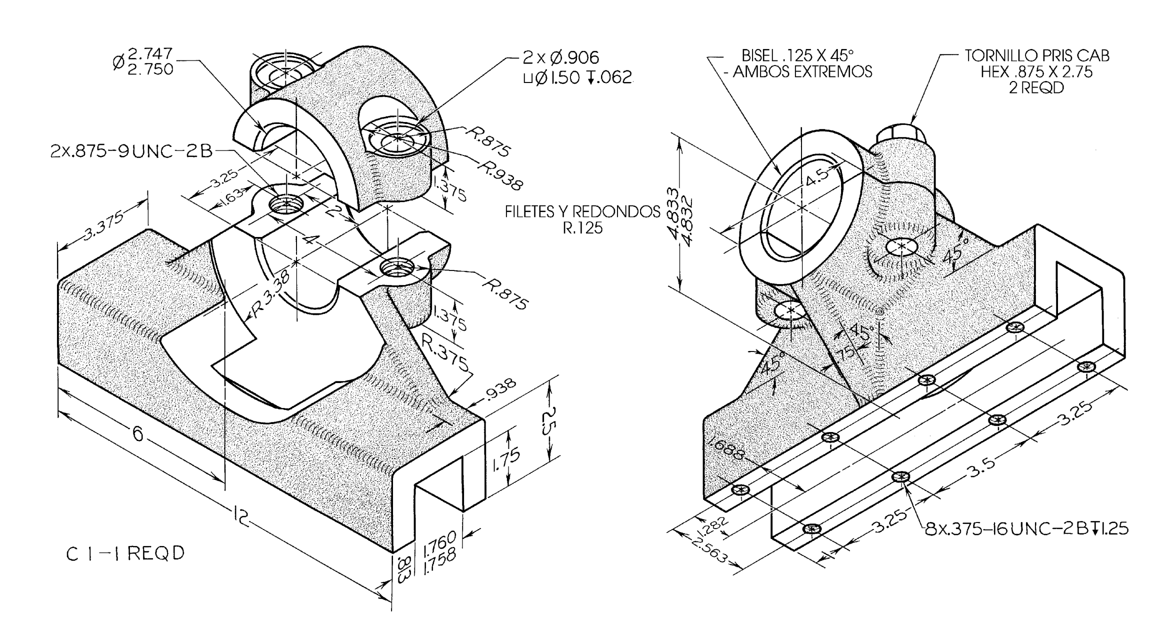
■ **FIGURA 13.27** ■ Brazo loco. Proy. 13.5: Elabore un dibujo de detalle; para ello utilice una hoja de tamaño B o A3.



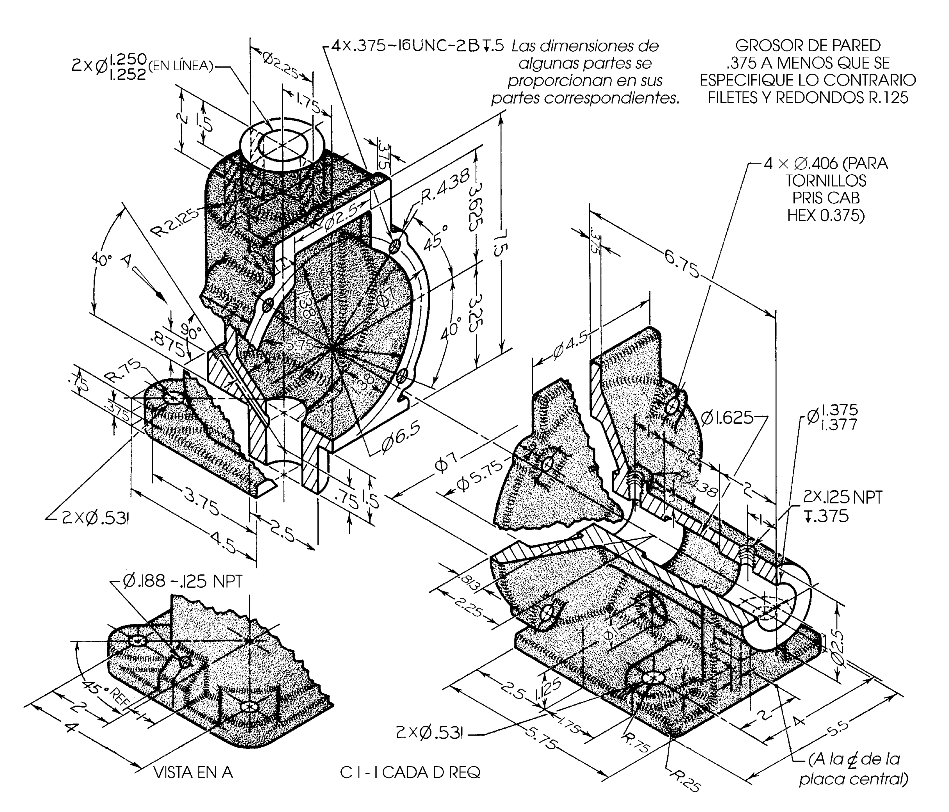
■ **FIGURA 13.28** ■ Ménsula de prensa para taladro. Proy. 13.6: Elabore un dibujo de detalle; para ello utilice una hoja de tamaño C o A2. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe la parte con dimensiones métricas.



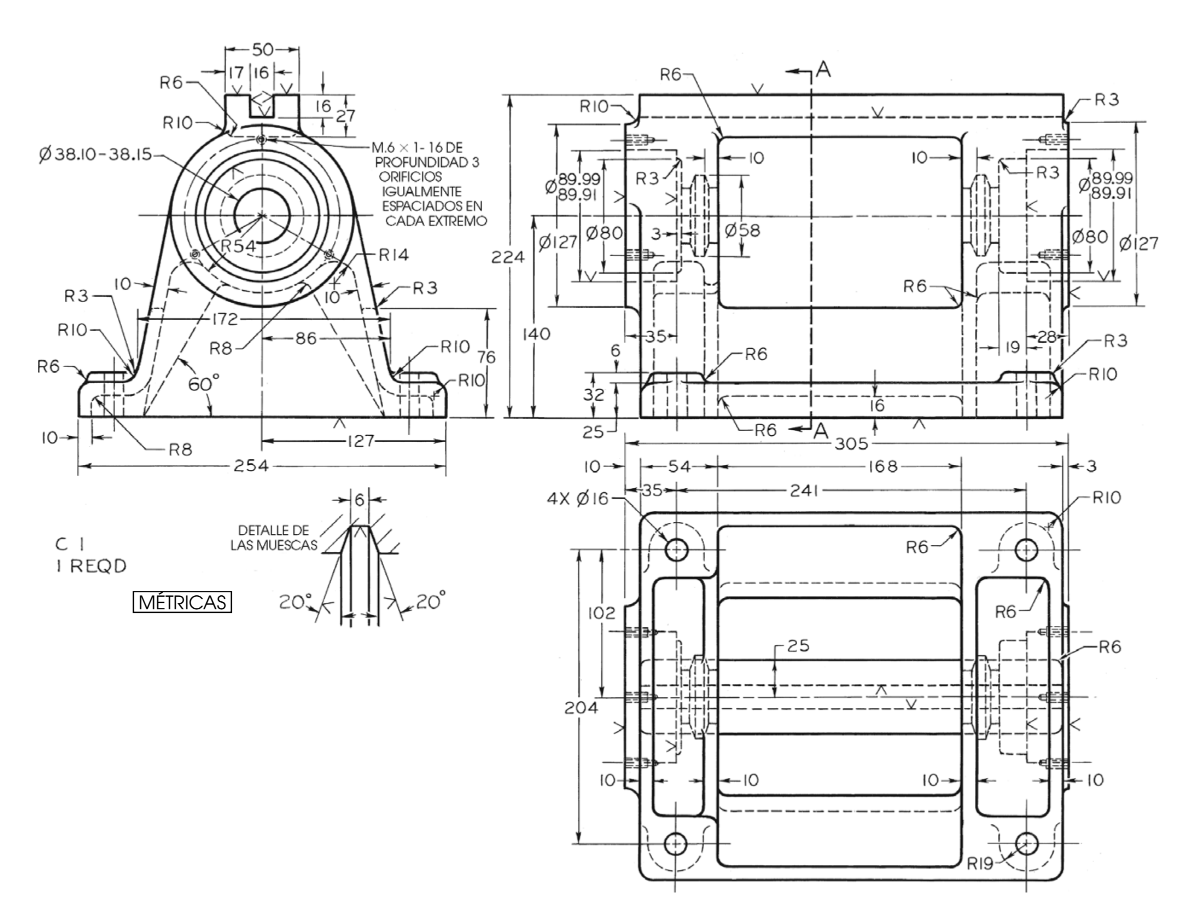
■ **FIGURA 13.29** ■ Receptáculo de cuadrante. Proy. 13.7: Elabore un dibujo de detalle; para ello utilice una hoja de tamaño C o A2. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe la parte con dimensiones métricas.



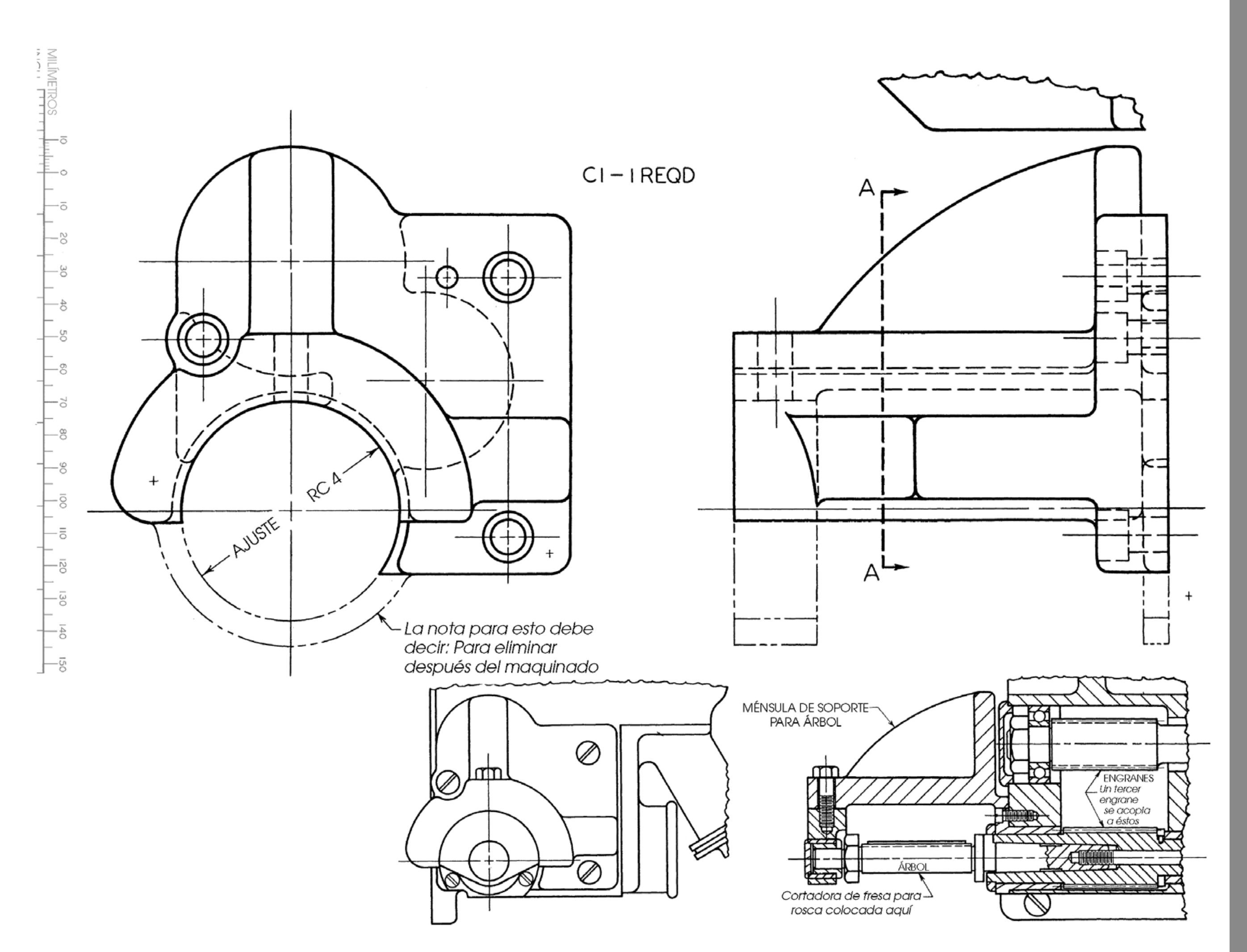
■ **FIGURA 13.30** ■ Corredera de reja. Proy. 13.8: Elabore dibujos de detalle a la mitad del tamaño; para ello utilice hojas de tamaño B o A3. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe la parte con dimensiones métricas.



■ **FIGURA 13.31** ■ Bastidor de transportador. Proy. 13.9: Elabore dibujos de detalle a la mitad del tamaño, para ello utilice hojas de tamaño C o A2. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe la parte con dimensiones métricas.

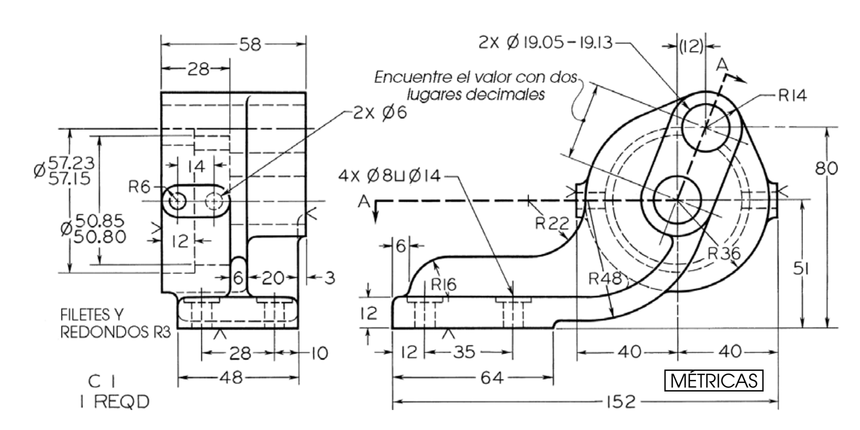


■ **FIGURA 13.32** ■ Bastidor de vástago. Proy. 13.10: Vistas dadas: frontal, izquierda e inferior y una sección removida parcial. Vistas requeridas: frontal en sección completa, superior y derecha en sección media en A-A. Dibuje a la mitad del tamaño; para ello utilice hojas de tamaño C o A2. Si así se asigna, dimensione por completo.

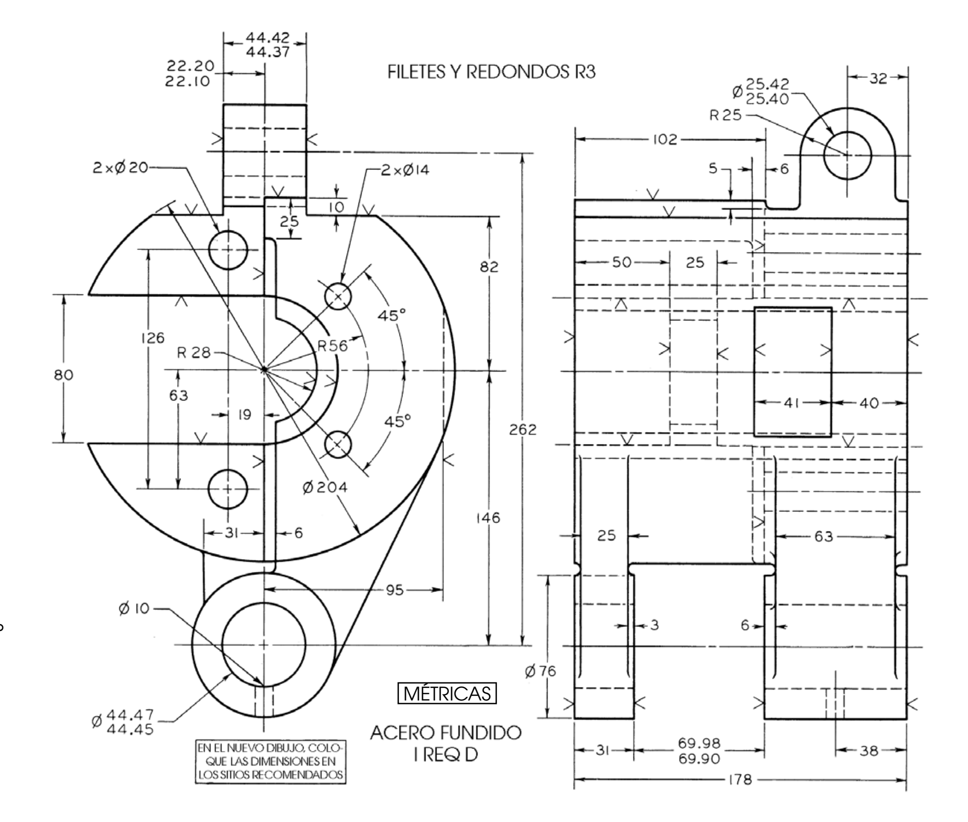


■ **FIGURA 13.33** ■ Ménsula de soporte para árbol.

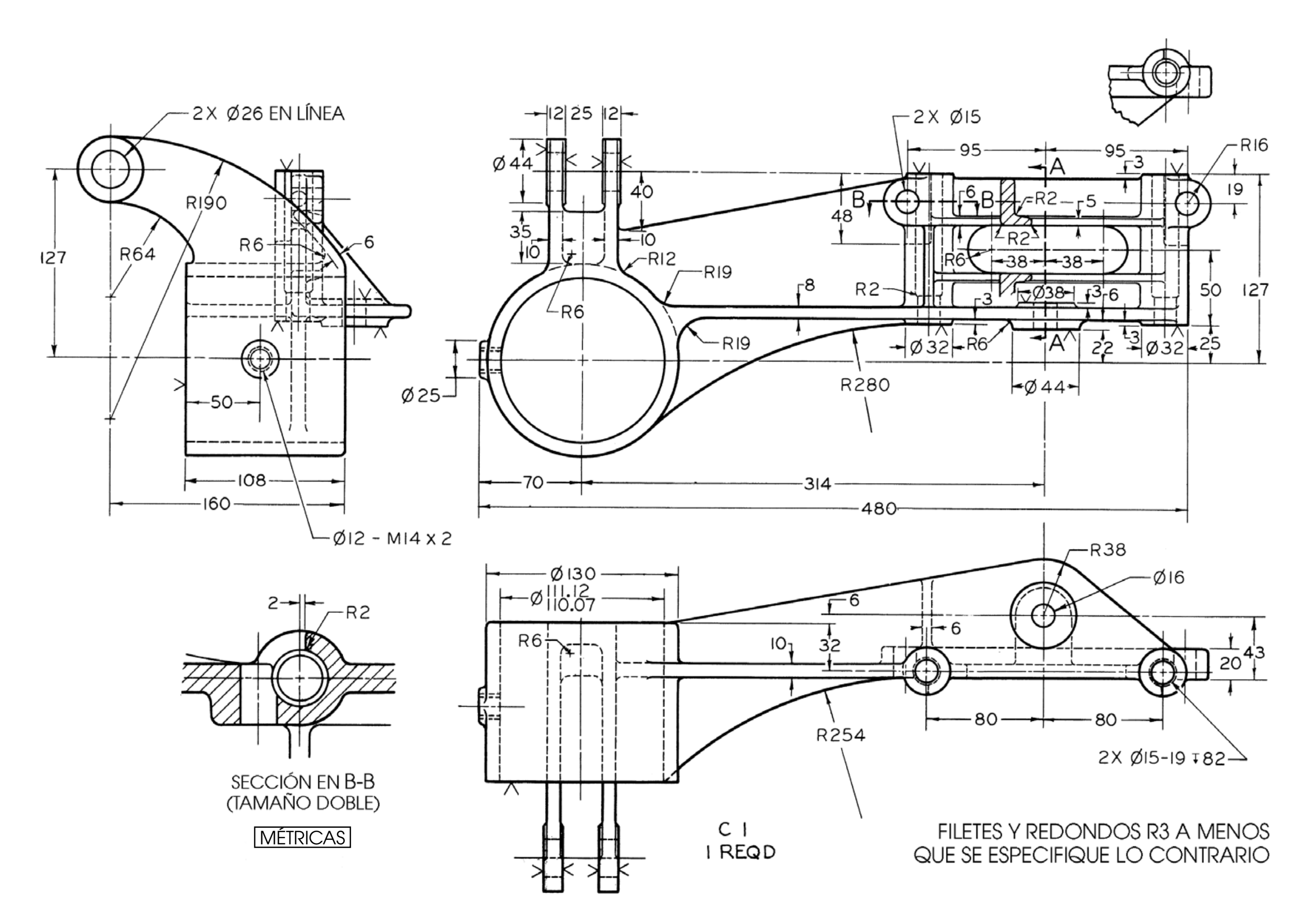
Proy. 13.11: Vistas dadas: frontal y derecha. Vistas requeridas: frontal, izquierda e inferior y una sección de detalle A-A. Use las tablas del estándar nacional estadounidense para los ajustes indicados y si se requiere convierta a valores métricos (vea los apéndices 5-14). Si así se asigna, dimensione en los sistemas métrico o de pulgadas decimales.



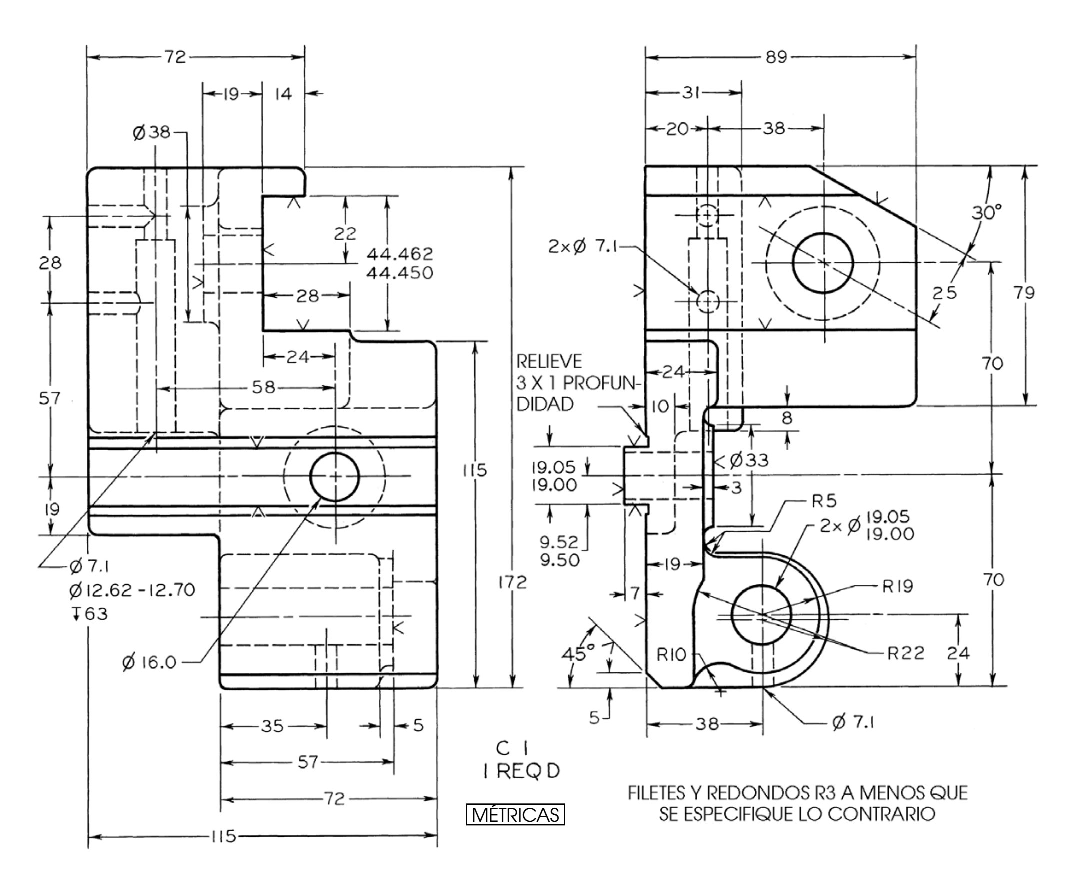
■ **FIGURA 13.34** ■ Ménsula de bomba para máquina fresadora de roscas. Proy. 13.12: Vistas dadas: frontal e izquierda. Vistas requeridas: frontal y derecha y la vista superior con sección en A-A. Dibuje a tamaño completo en una hoja B o A3. Si así se asigna, dimensione por completo.



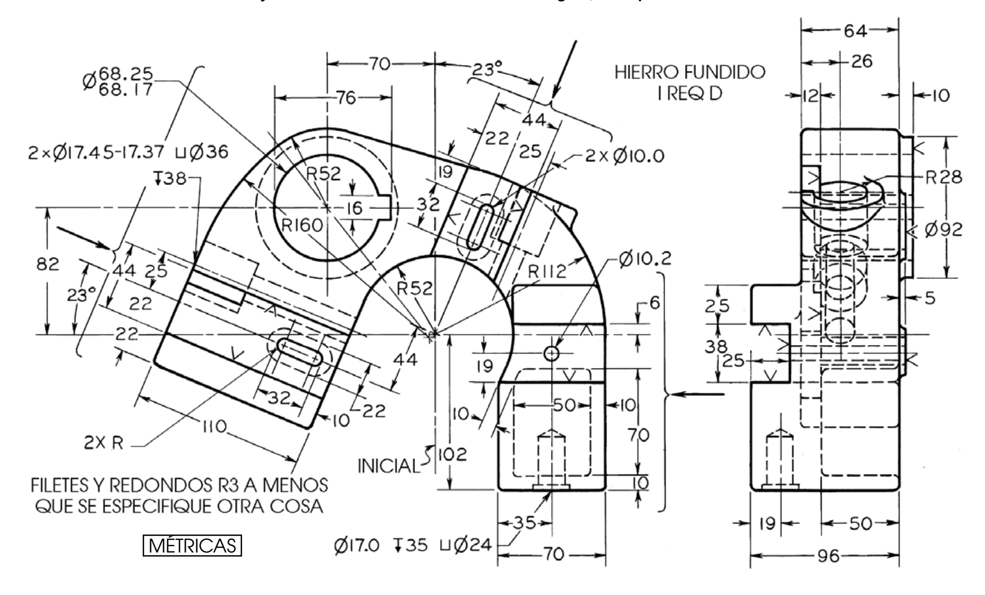
■ **FIGURA 13.35** ■ Base fijadora para prensa vertical de 60 toneladas. Proy. 13.13: Vistas dadas: frontal y derecha. Vistas requeridas: Gire la vista frontal 90° en favor de las manecillas del reloj; después agregue las vistas superior e izquierda. Dibuje a mitad del tamaño en una hoja de tamaño C o A2. Si así se asigna, complete con dimensiones.



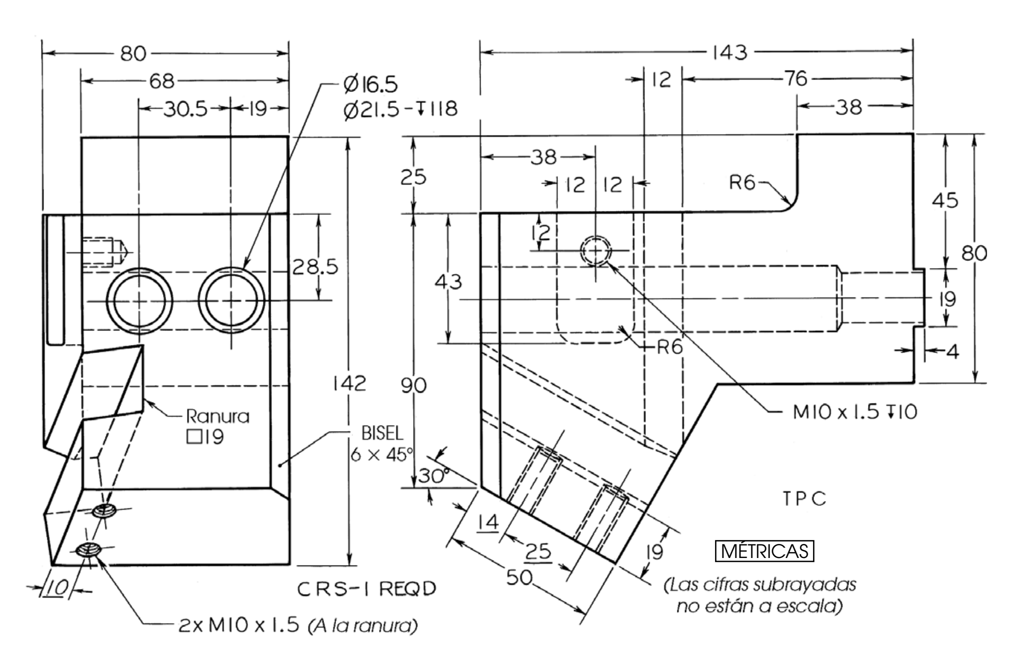
■ **FIGURA 13.36** ■ Ménsula. Proy. 13.14: Vistas dadas: frontal, izquierda e inferior y una sección parcial removida. Vistas requeridas: haga un dibujo de detalle. Dibuje las vistas frontal, superior y derecha y las secciones removidas A-A y B-B. Dibuje a mitad del tamaño en una hoja de tamaño C o A2. Dibuje la sección B-B a tamaño completo. Si así se asigna, complete con dimensiones.



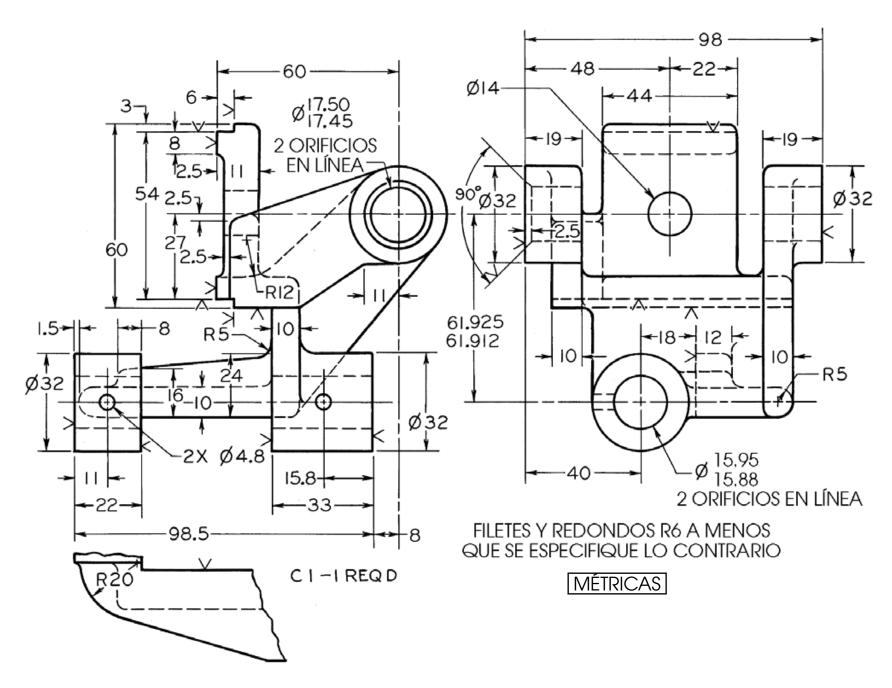
■ **FIGURA 13.37** ■ Ménsula de descanso para máquina de tornillos automática. Proy. 13.15: Vistas dadas: frontal e izquierda. Vistas requeridas: gire la vista frontal 90° en el sentido de las manecillas del reloj; después agregue las vistas superior e izquierda. Dibuje a mitad del tamaño en una hoja de tamaño C o A2. Si así se asigna, complete con dimensiones.



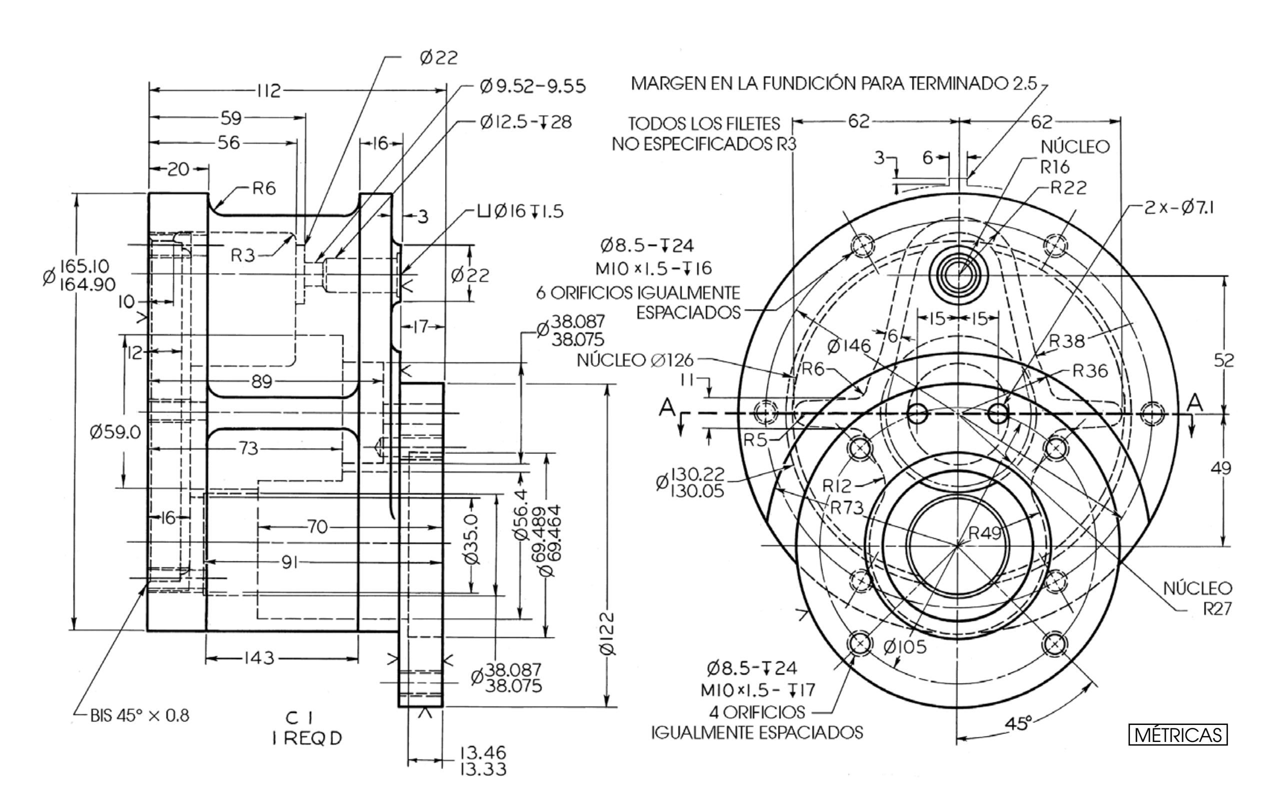
■ **FIGURA 13.38** ■ Ménsula guía para formador de engranes. Proy. 13.16: Vistas dadas: frontal y derecha. Vistas requeridas: frontal, una vista parcial derecha y dos vistas auxiliares parciales tomadas en dirección de las flechas. Dibuje a mitad del tamaño en una hoja de tamaño C o A2. Si así se asigna, complete con dimensiones unidireccionales.



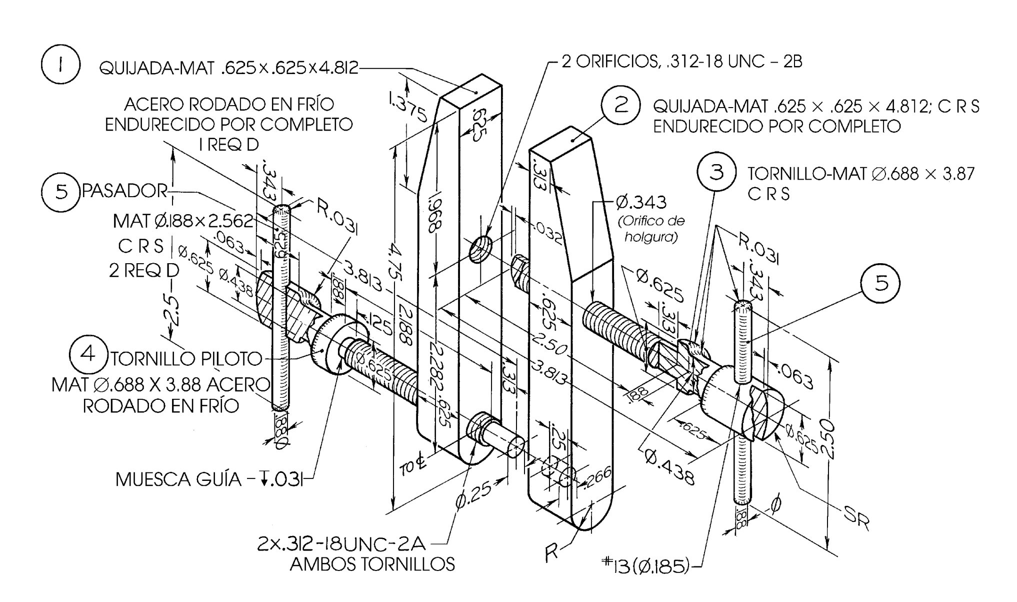
■ **FIGURA 13.39** ■ Puntal de herramienta trasero. Proy. 13.17: Vistas dadas: frontal e izquierda. Vistas requeridas: tome la vista izquierda como nueva vista superior; agregue las vistas frontal e izquierda, con una separación aproximada de 215 mm, una vista auxiliar primaria, después una vista secundaria tomada de forma que se muestre la vista real de la ranura de 19 mm. Complete todas las vistas, pero muestre sólo las líneas ocultas necesarias en las vistas auxiliares. Dibuje a tamaño completo en una hoja de tamaño C o A2. Si así se asigna, complete con dimensiones.



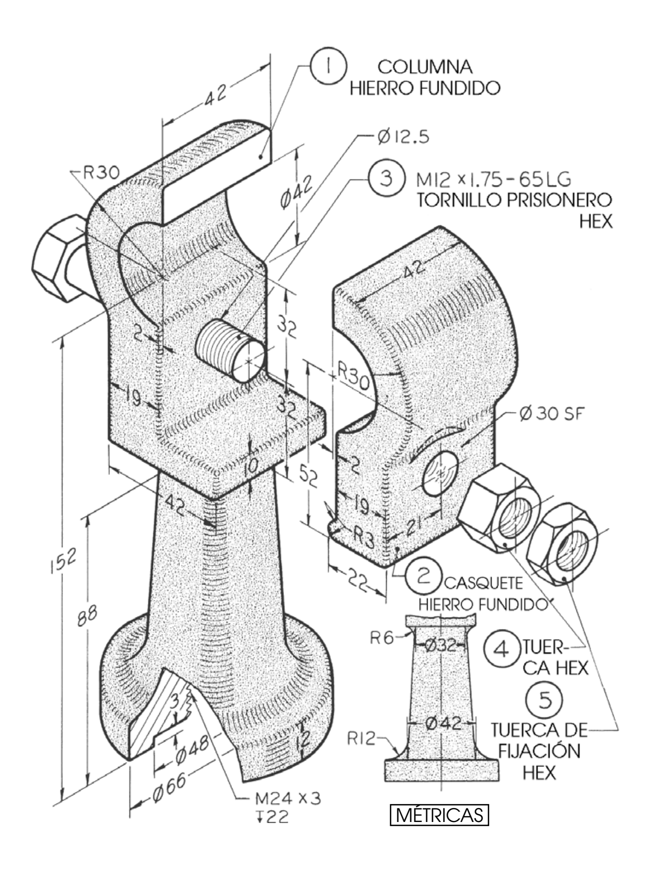
■ **FIGURA 13.40** ■ Cojinete para un engrane de gusano. Proy. 13.18: Vistas dadas: frontal y derecha. Vistas requeridas: frontal, superior e izquierda. Dibuje a tamaño completo en una hoja de tamaño C o A2. Si así se asigna, complete con dimensiones.



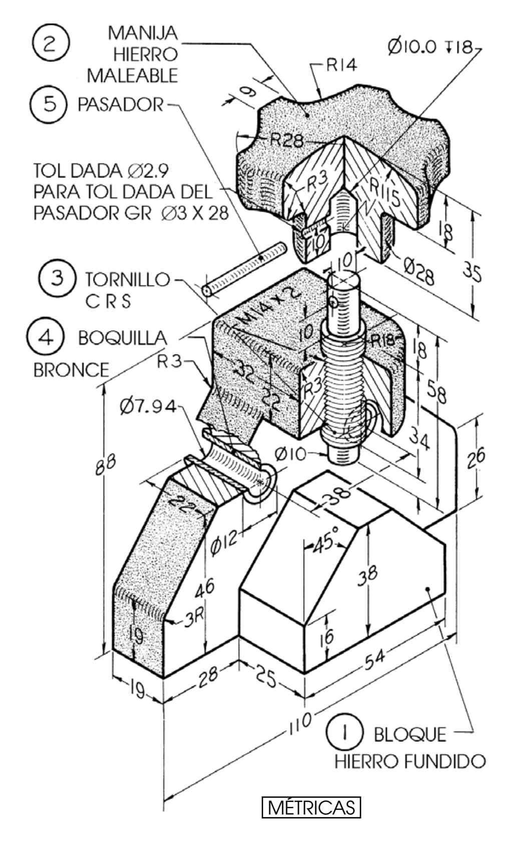
■ **FIGURA 13.41** ■ Bastidor de encaje para generador. Proy. 13.19: Vistas dadas: frontal e izquierda. Vistas requeridas: frontal, derecha en sección completa y vista superior en sección completa en A-A. Dibuje a tamaño completo en una hoja de tamaño C o A2. Si así se asigna, complete con dimensiones.



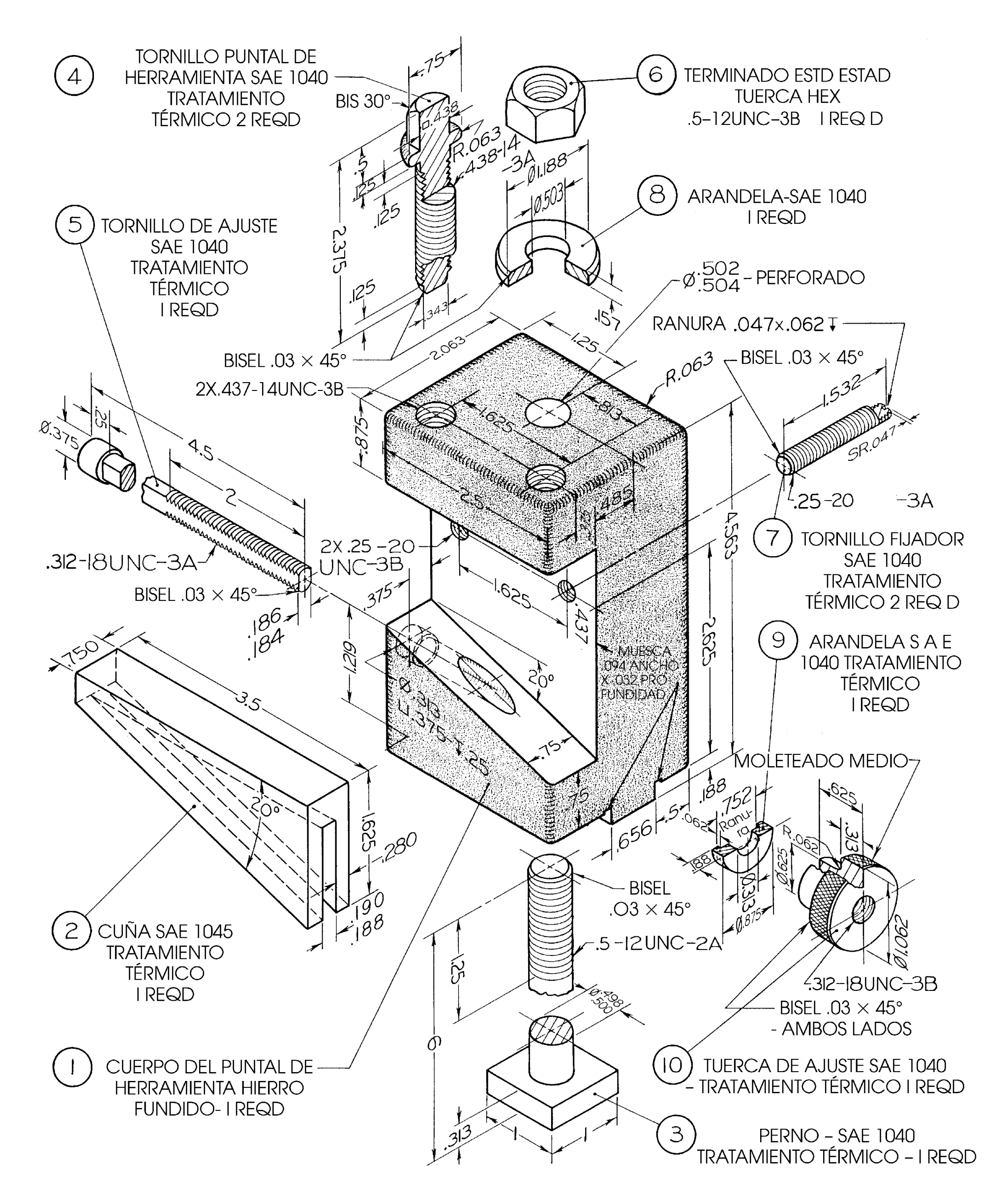
■ **FIGURA 13.42** ■ Abrazadera. Proy. 13.20: Dibuje los detalles y el ensamble. Si así se asigna, use dimensiones unidireccionales en pulgadas con dos posiciones decimales o rediseñe para dimensiones métricas.



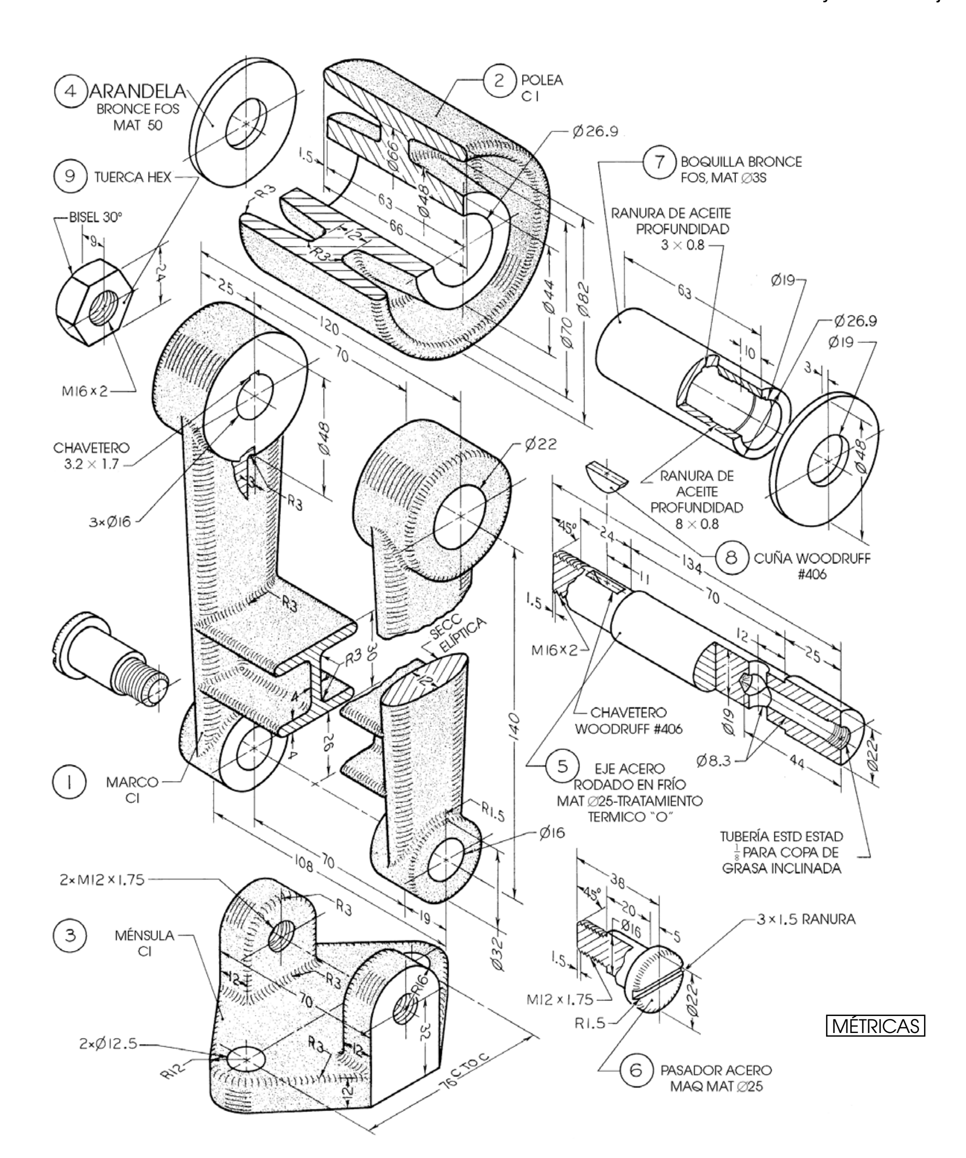
■ **FIGURA 13.43** ■ Columna de riel manual. Proy. 13.21: (1) Dibuje los detalles. Si así se asigna, complete con dimensiones. (2) Dibuje el ensamble.



■ **FIGURA 13.44** ■ Patrón de taladrado. Proy. 13.22: (1) Dibuje los detalles. Si así se asigna, complete con dimensiones. (2) Dibuje el ensamble.

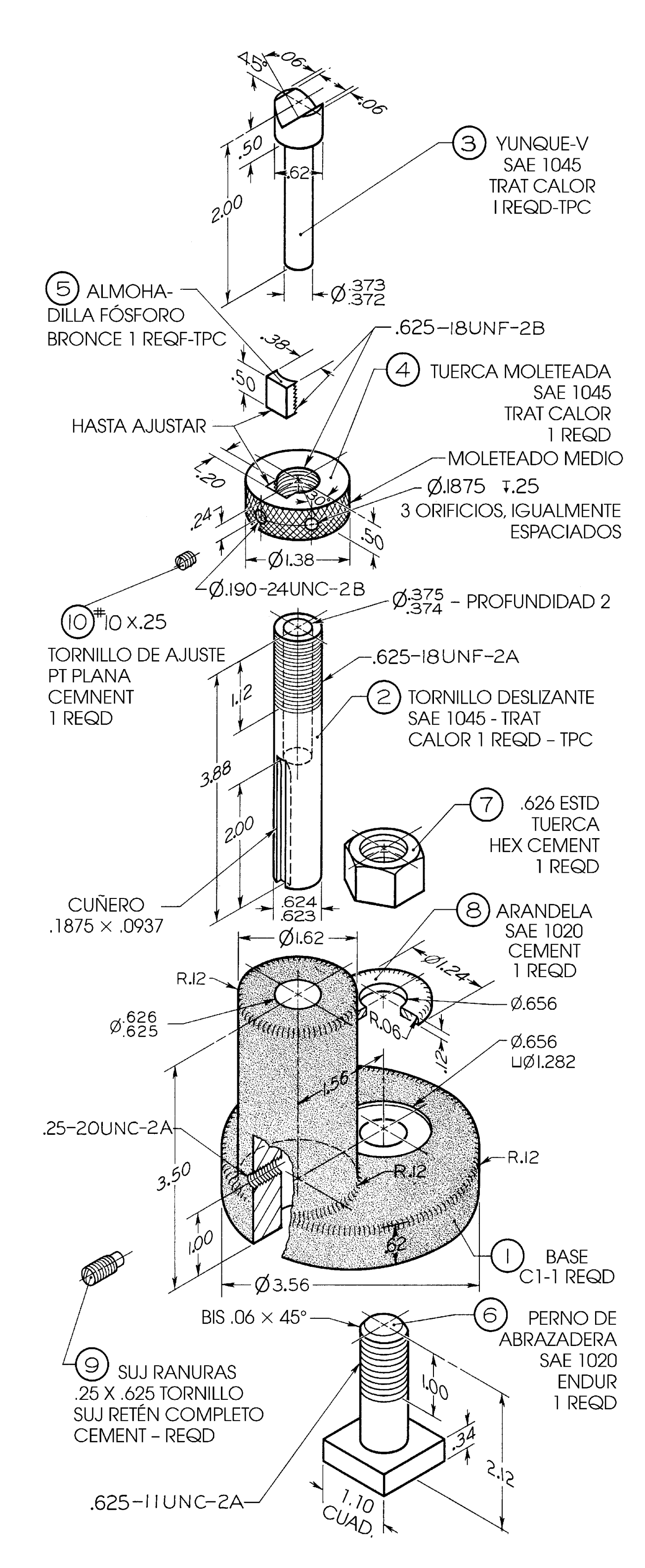


■ **FIGURA 13.45** ■ Puntal de herramienta. Proy. 13.23: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, use para todas las dimensiones fraccionarias decimales unidireccionales con dos posiciones o rediseñe para todas las dimensiones métricas.

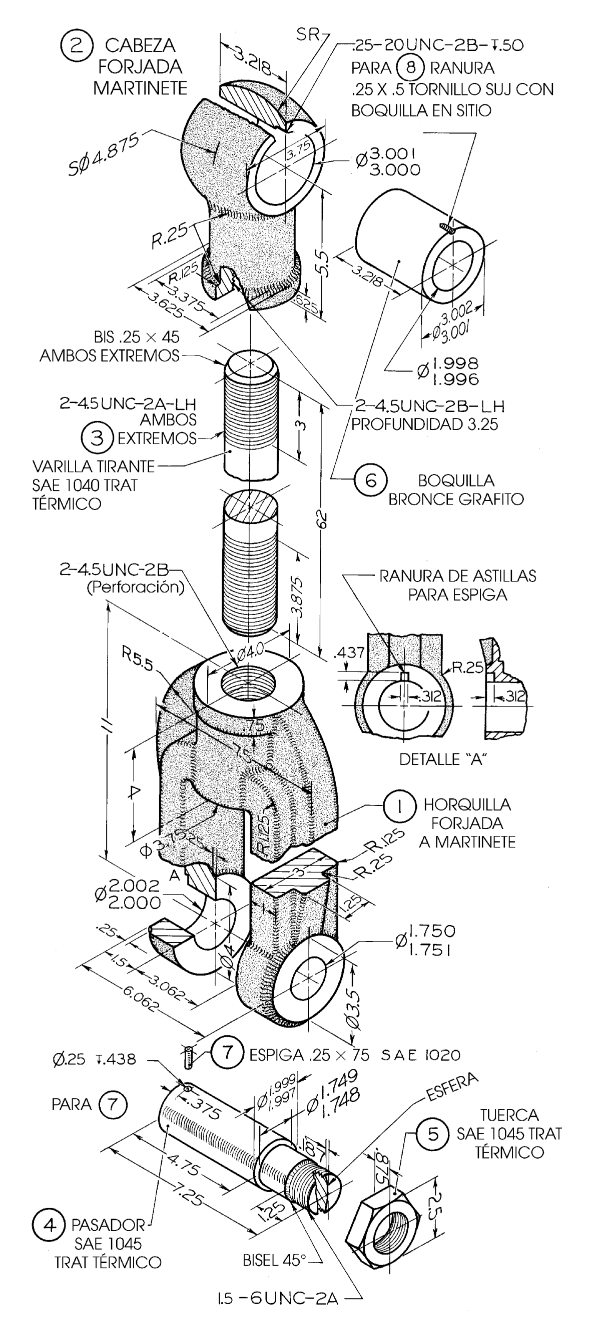


■ **FIGURA 13.46** ■ Cinturón ajustador. Proy. 13.24: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Se supone que las partes se harán en cantidad y se dimensionarán para el intercambio de los dibujos de detalle. Use las tablas en los apéndices 11-14 para los valores límite. Diseñe de la siguiente manera:

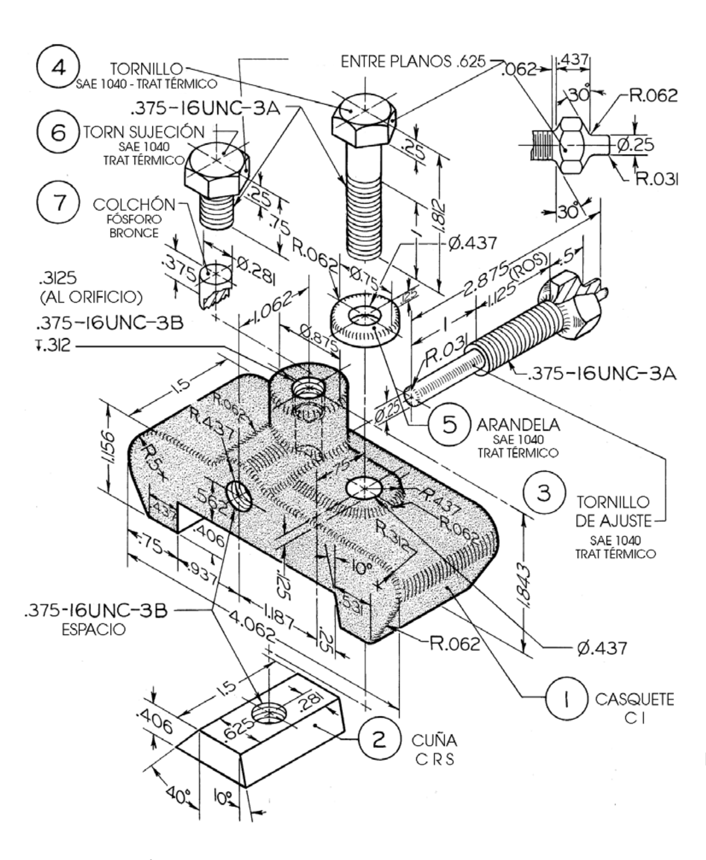
a. La boquilla se ajusta en la polea: Ajuste de interferencia locacional.
b. El eje se ajusta en la boquilla: Ajuste de corrimiento libre.
c. El eje se ajusta en el marco: Ajuste deslizante.
d. El pasador se ajusta en el marco: Ajuste de corrimiento libre.
e. Longitud del cubo de polea más las arandelas se ajustan en el marco: 0.13 de margen, 0.10 de tolerancias.
f. Haga la boquilla 0.25 mm más corta que el cubo de la polea.
g. La ménsula se ajusta en el marco: Igual que el inciso e.



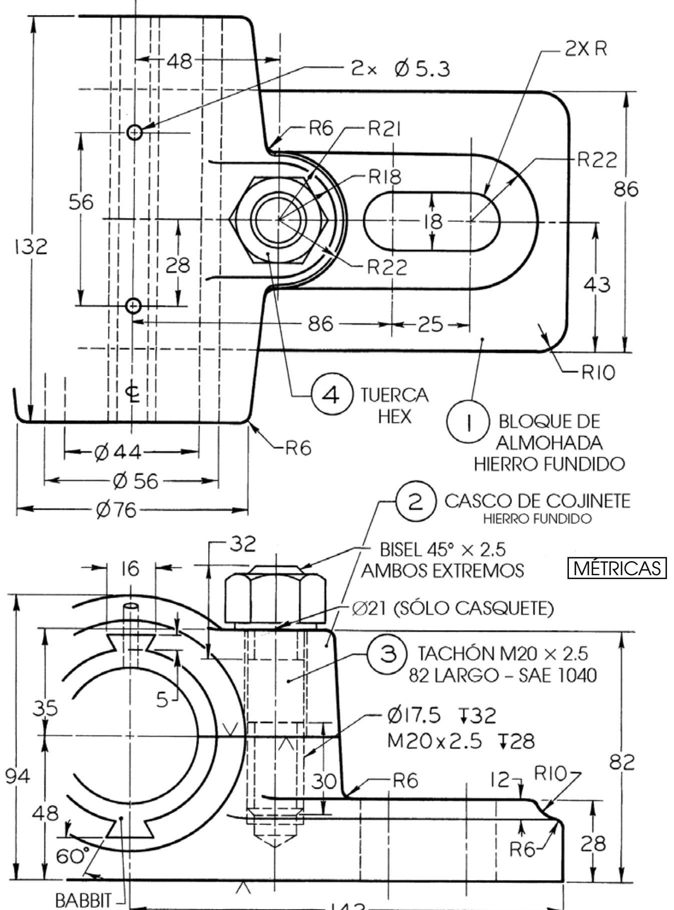
■ **FIGURA 13.47** ■ Gato de fresado Proy. 13.25. (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, convierta las dimensiones a unidades métricas o pulgadas decimales.



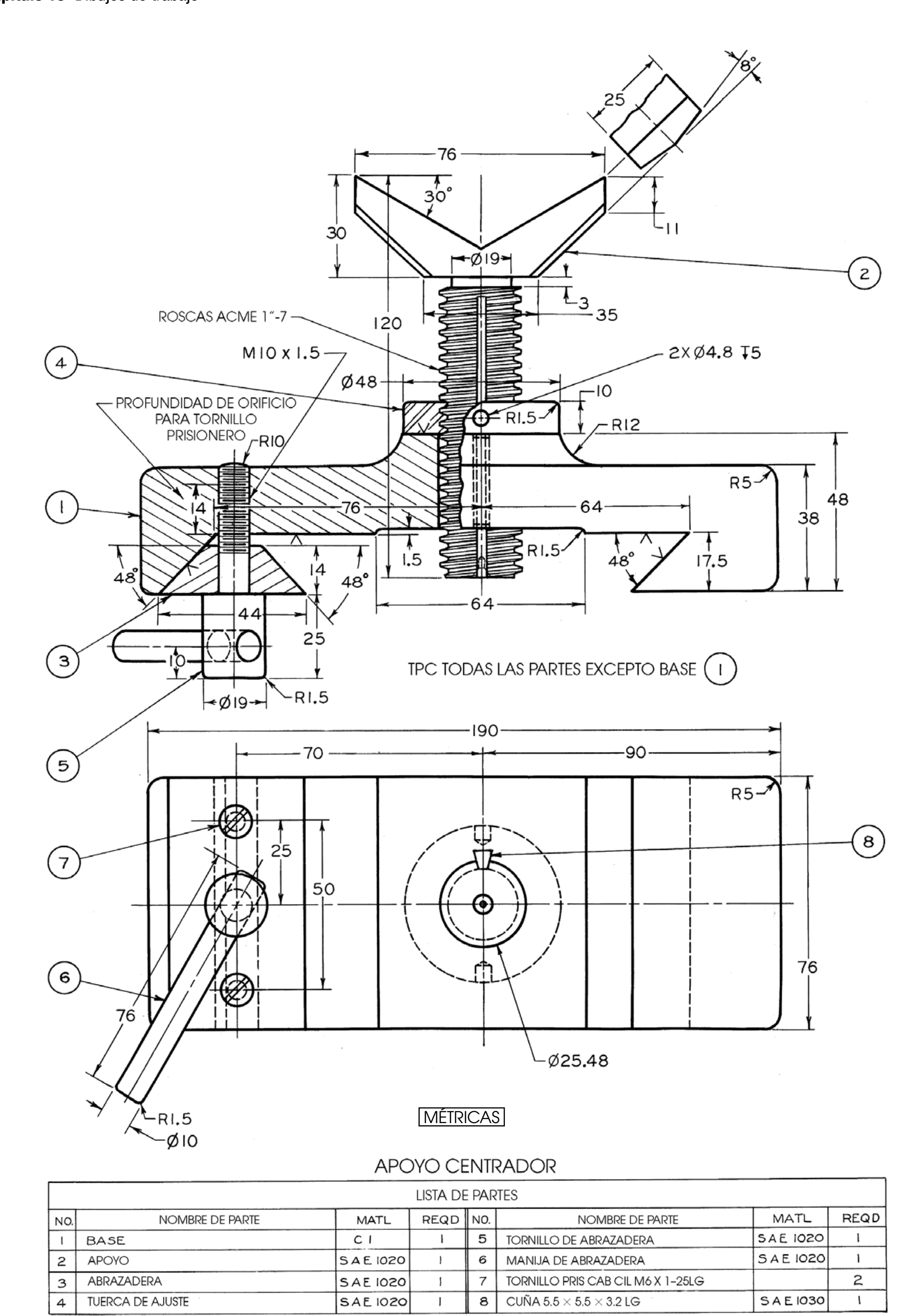
■ **FIGURA 13.48** ■ Barra de conexión. Proy. 13.26: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, convierta las dimensiones a unidades métricas o pulgadas decimales.



■ **FIGURA 13.49** ■ Tope de abrazadera. (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe para dimensiones métricas.



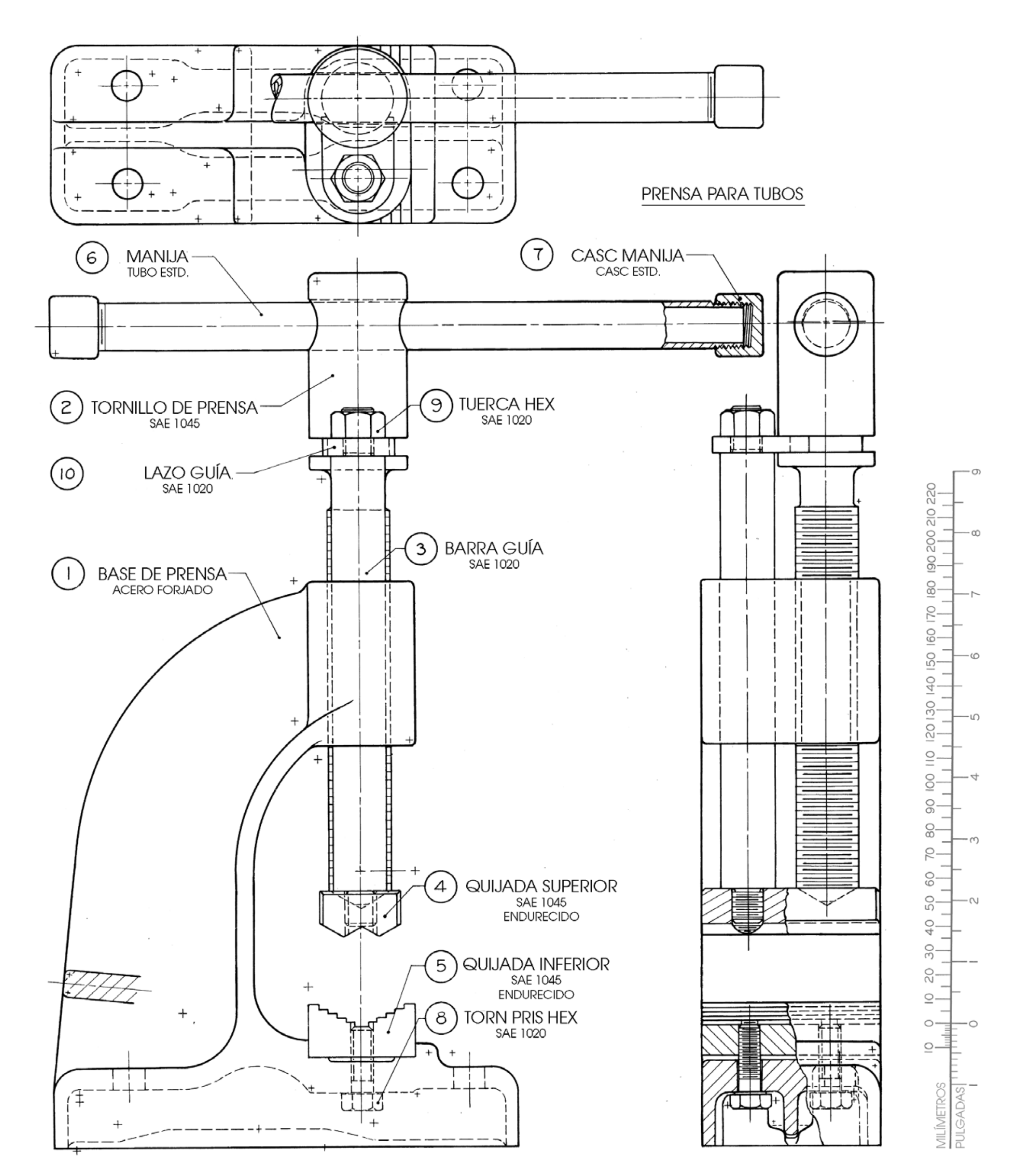
■ **FIGURA 13.50** ■ Cojinete de bloque de almohada. (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, complete con dimensiones.



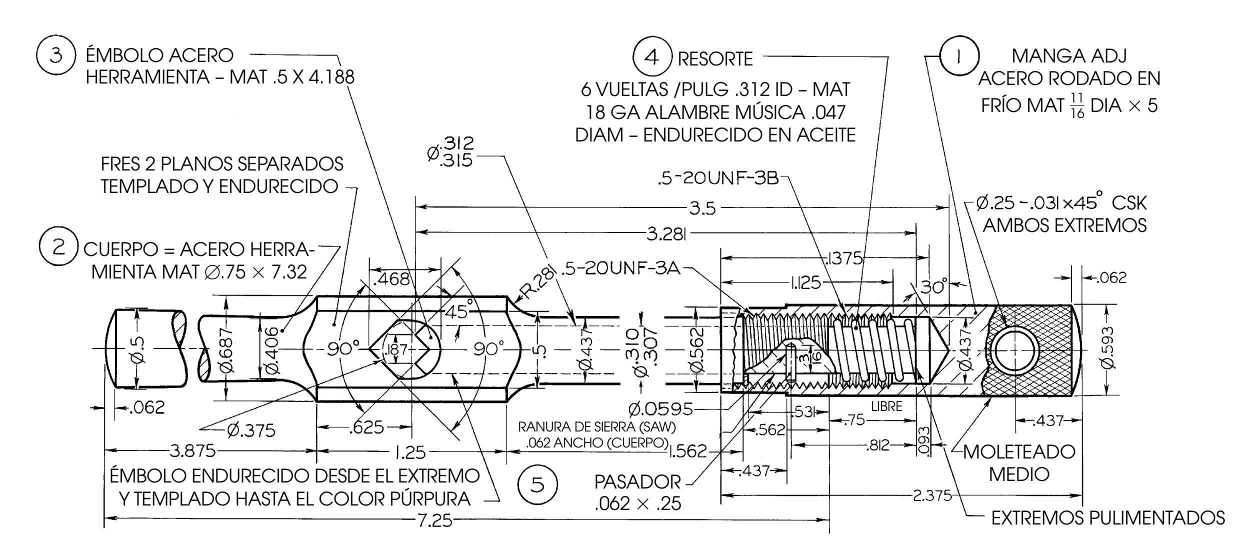
LISTA DE PARTES

NO.	NOMBRE DE PARTE	MATL	REQD	NO.	NOMBRE DE PARTE	MATL	REQD
1	BASE	C I	1	5	TORNILLO DE ABRAZADERA	SAE 1020	1
2	APOYO	SAE 1020	1	6	MANIJA DE ABRAZADERA	SAE 1020	1
3	ABRAZADERA	SAE 1020	1	7	TORNILLO PRIS CAB CIL M6 X 1–25LG		2
4	TUERCA DE AJUSTE	SAE 1020	1	8	CUÑA 5.5 × 5.5 × 3.2 LG	SAE 1030	1

■ **FIGURA 13.51** ■ Apoyo centrador. Proy. 13.29: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, complete con dimensiones.



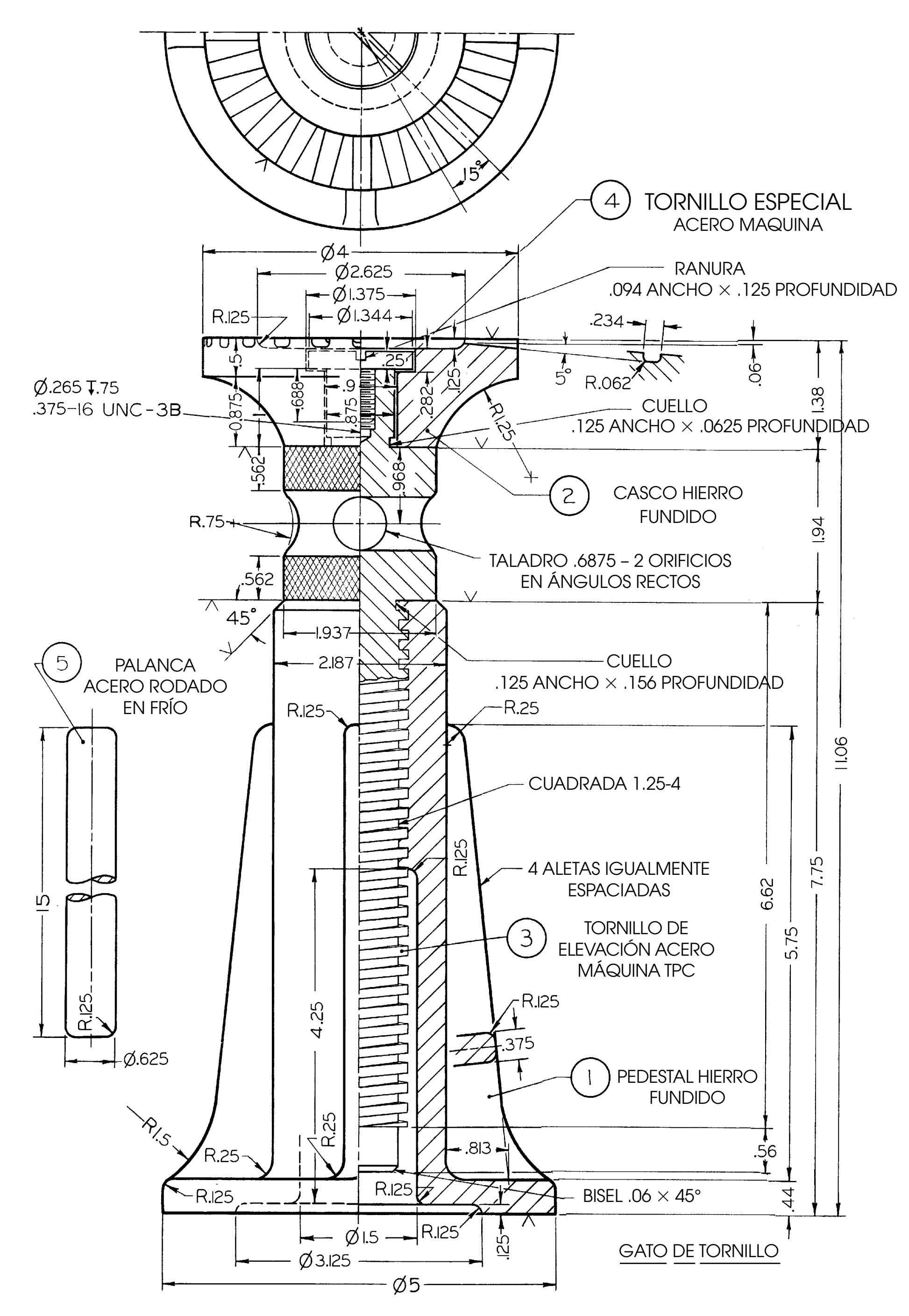
■ **FIGURA 13.52** ■ Prensa para tubo. Proy. 13.30: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Para obtener las dimensiones, transfiera las distancias de la figura usando una tira de papel. Use la escala impresa proporcionada y lea las medidas en milímetros o pulgadas decimales según se asigne. Todas las roscas son métricas de propósito general (vea el apéndice 15) o roscas gruesas unificadas excepto las roscas de tubería del estándar nacional estadounidense en la manija o los cascos de la manija.



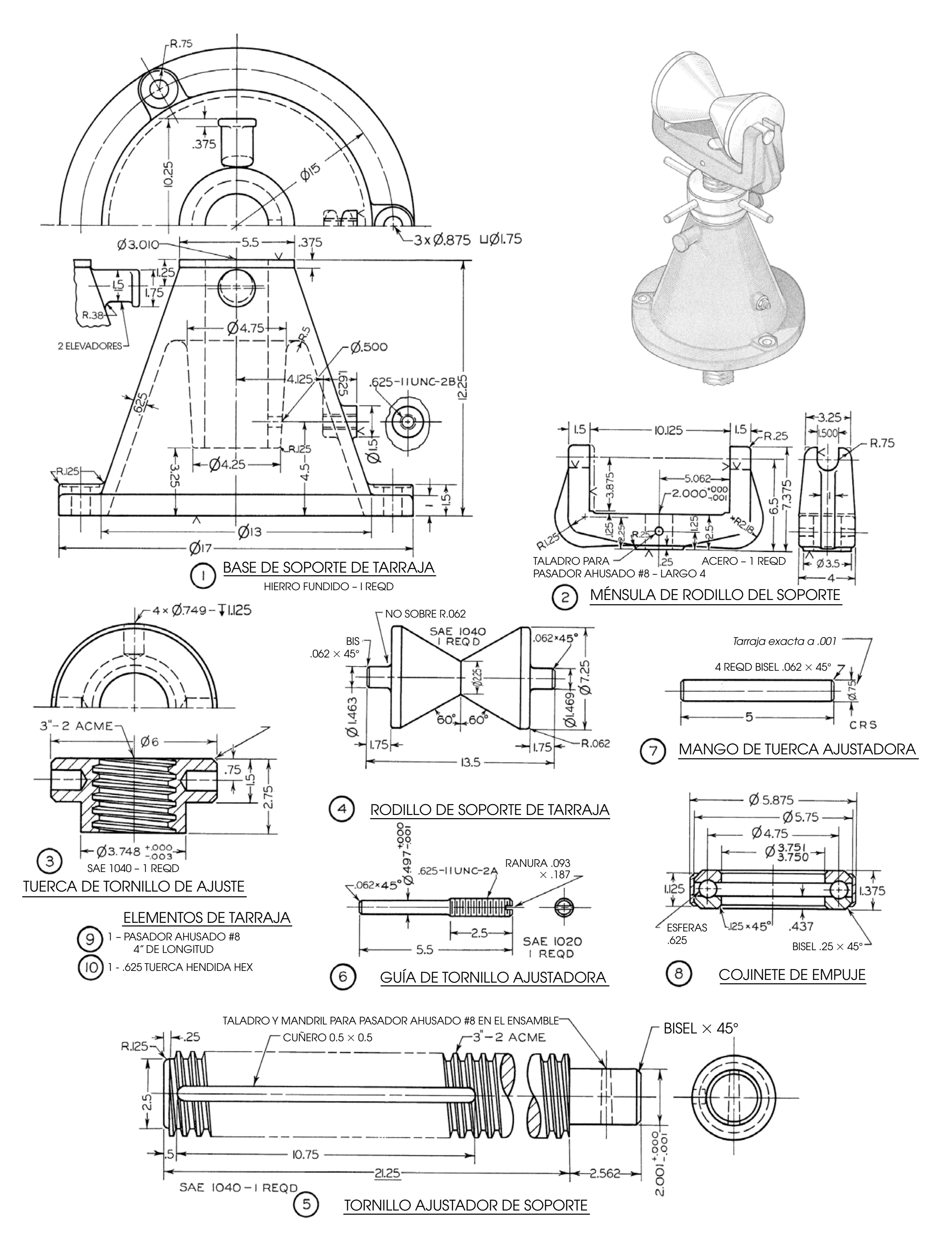
■ **FIGURA 13.53** ■ Mandril manual. Proy. 13.31: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, use unidades unidireccionales con dos posiciones decimales para todas las dimensiones fraccionarias o rediseñe para dimensiones métricas.

Ø.5 – ∨90° – ↧.031
.031 ×45° CSK
2 ORIFICIOS
5 ESPACIADOR – MAT .25 × 1 × 2.812 LARGI – CRS
Centro de torno
.25-20UNC-3B
↧.687 – BISEL ROS .031
2 ORIFICIOS – AMBAS QUIJADAS
1 QUIJADA MÓVIL MAT 1 × 2.75 × 3.031 LARGO C R S
.187×45° BISEL .187 X 45° - AMBOS EXTREMOS
Ø.502 .500
8 ESFERA REMOVIBLE STK Ø.687 × 3 LG–C R S
10 COLLAR-MAT Ø.937 × .312 LG C R S
Ø.421-.5-12UNC-3B BISEL ROS AMBOS LADOS
7 MANIJA MAT Ø.312 × 5.687 LARGO –CRS
Ø.625 .626 2 ORIFICIOS EN AMBAS QUIJADAS
Ø.500 .502
4 TORNILLO MAT Ø1 × 6.718 LARGO – CRS
TALADRO #31 EN SITIO PARA PASADOR
13 .125 × .875 AJUSTE FORZADO
.5-12UNC-3A
Ø.312
MUESCAS .031 × .031
Ø.25 ∨Ø.5x82°
CAB PLANA .25 × .75 12 MAQ SCR – 2 ORIFICIOS – AMBOS INSERTOS IGUALES
Ø.781
.75-10UNC-3A
BISEL .093 X 45°
6 QUIJADA INSERTA MAT .25 × 1 × 2.812 LARGO C R S ENDURECIDO POR COMPLETO
BISEL .062 × 45°
#13 TALADRAR AMBOS LADOS
14 PARA PASADOR – AJUSTE FORZADO
9 ARANDELA MAT Ø2.062 × 3 LG CRS
2 QUIJADA ESTACIONARIA MAT 1 × 2.75 × 6.562 LARGO CRS
REMACHE TERMINA EN EL SITIO
TAN. A ESFERA R.187
Ø.343
SØ.875
SØ.625
11 TUERCA HEX REG .75
3 BARRA GUÍA-MAT Ø.75 × 5.593 LARGO – MS
.25-20UNC-3B-.312 DP

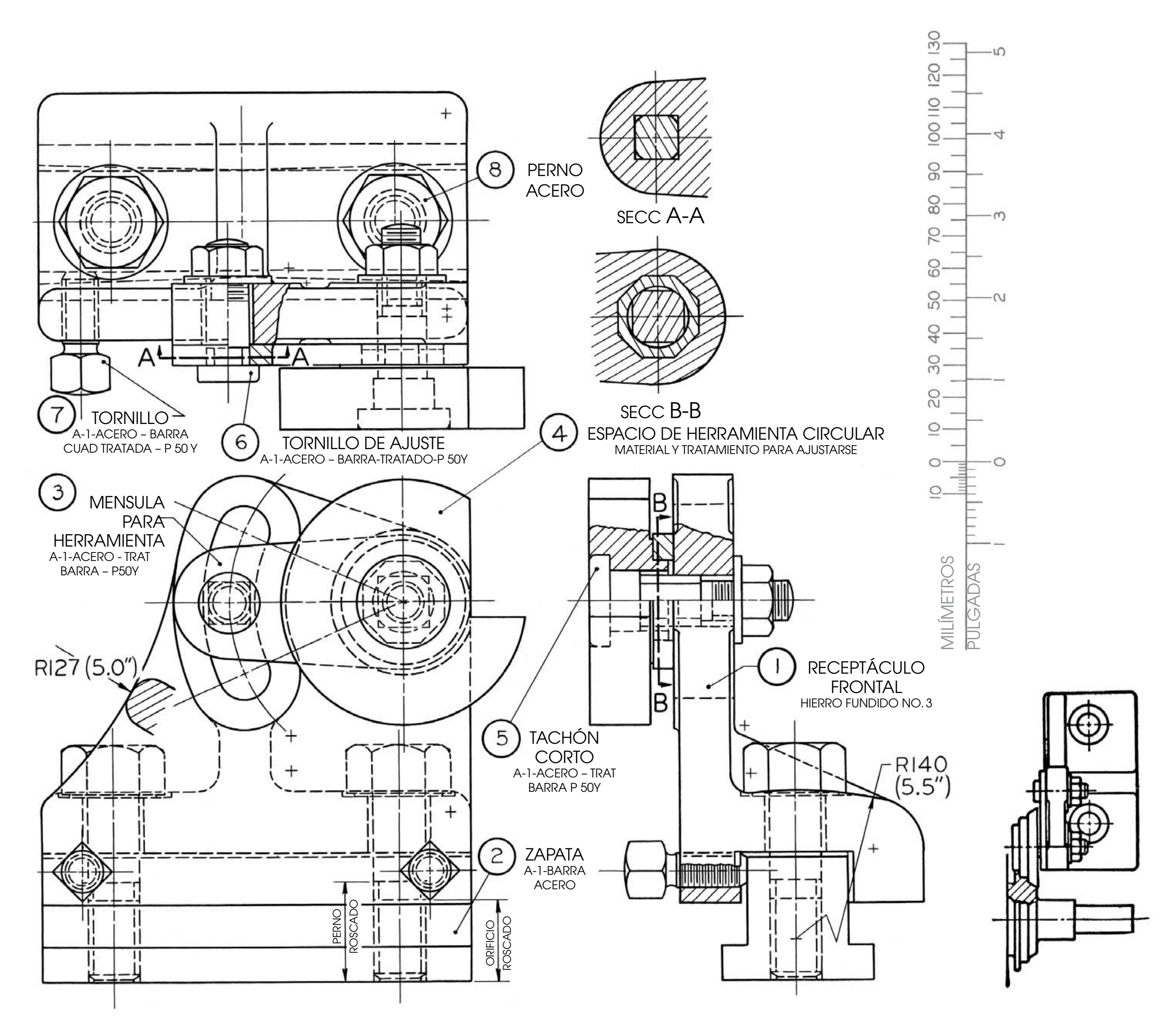
■ **FIGURA 13.54** ■ Prensa para el técnico. Proy. 13.32: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, use unidades unidireccionales con dos posiciones decimales para todas las dimensiones fraccionarias o rediseñe para dimensiones métricas.



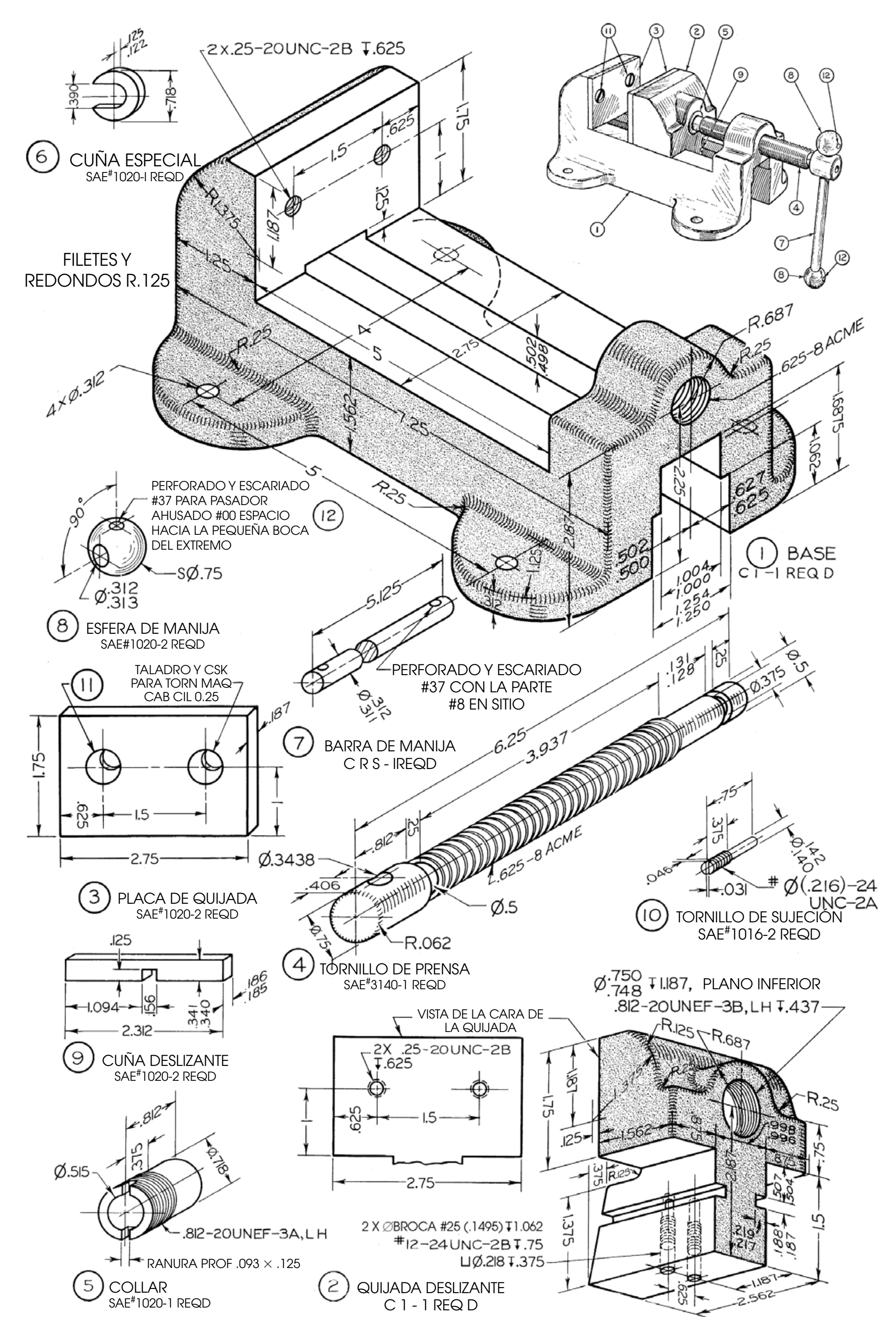
■ **FIGURA 13.55** ■ Gato de tornillo. Proy. 13.33: (1) Dibuje los detalles. Vea la figura 13.5 que muestra las vistas “en caja” en un esquema C o A2 (vea la segunda de forros). (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe para dimensiones métricas.



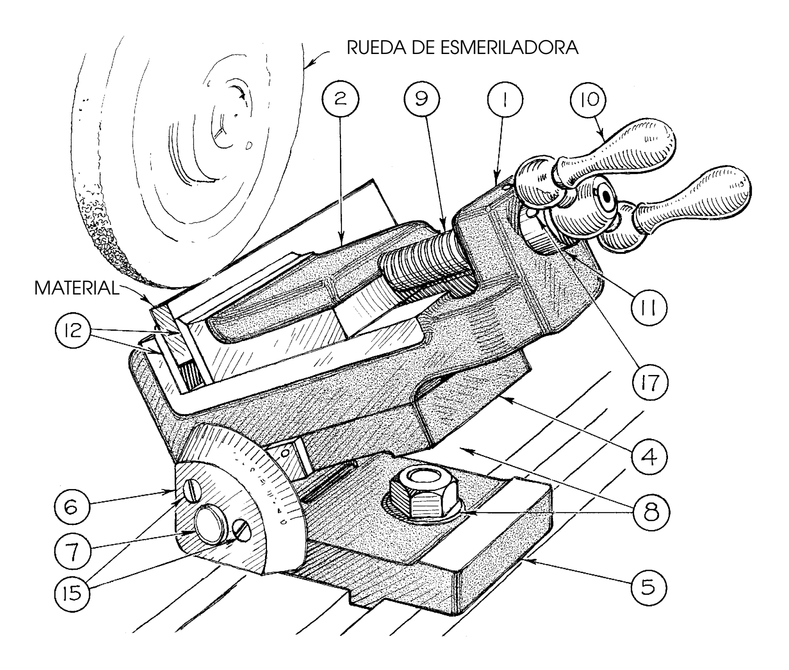
■ **FIGURA 13.56** ■ Ménsula de tarraja para máquina de quijadas. Proy. 13.34: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, use dimensiones decimales unidireccionales o rediseñe para dimensiones métricas.



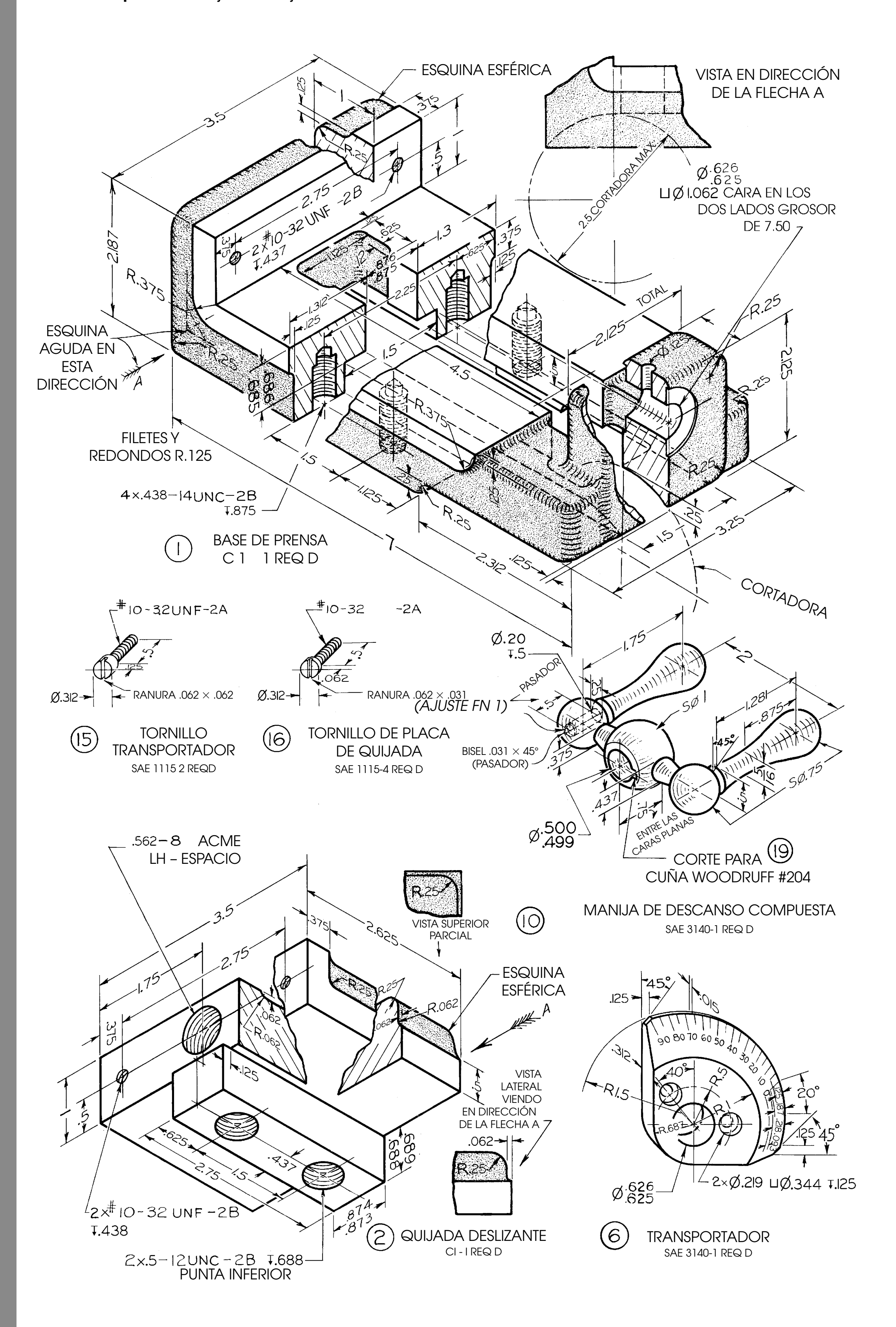
■ **FIGURA 13.57** ■ Ensamble de cortadora circular frontal formadora. Proy. 13.35: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Para obtener las dimensiones, tome las distancias de manera directa de la figura con divisores en una escala impresa. Use dimensiones métricas o pulgadas decimales según se asigne.



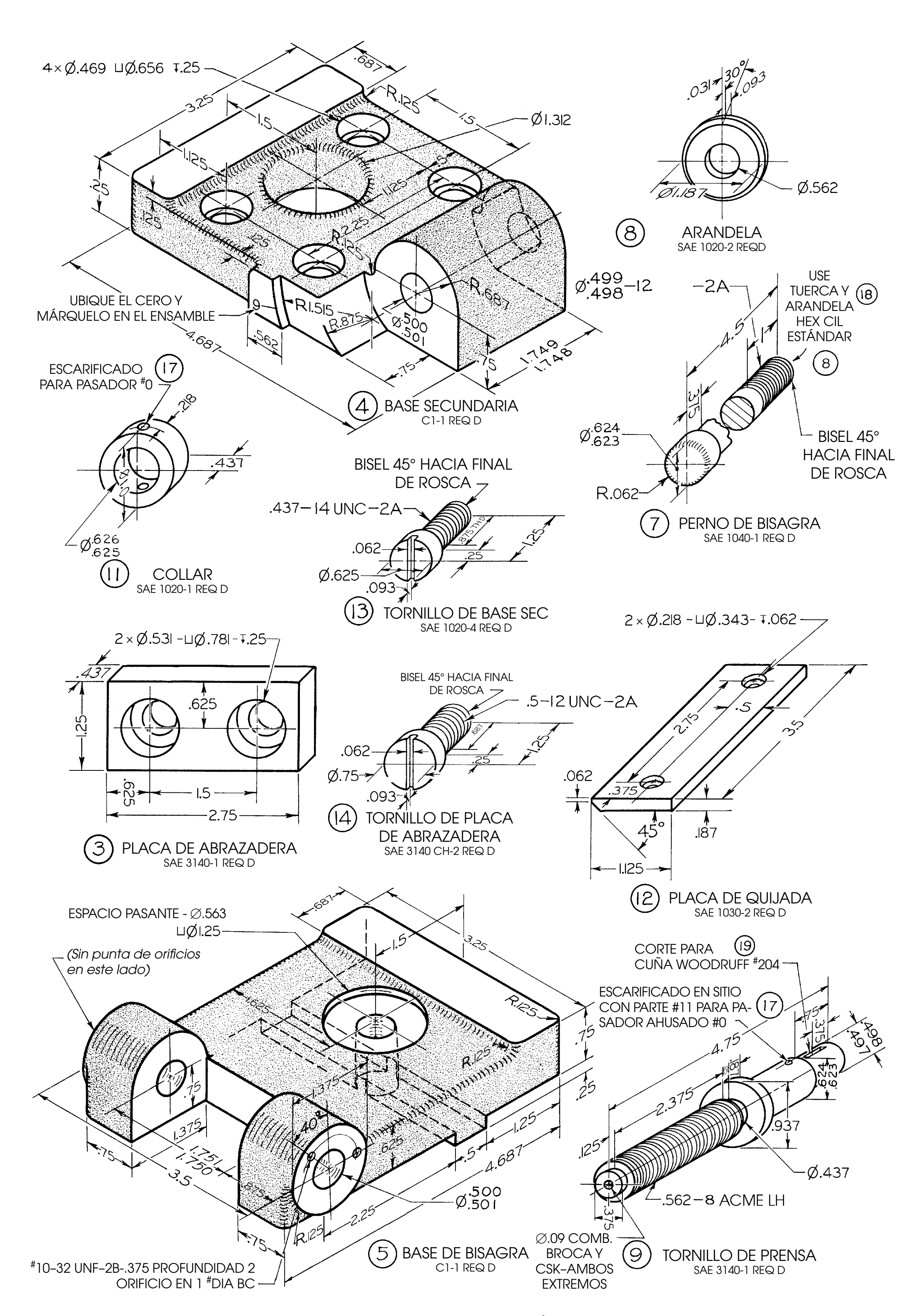
■ **FIGURA 13.58** ■ Prensa de máquina. Proy. 13.36: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, convierta las dimensiones al sistema de pulgadas decimales o rediseñe con dimensiones métricas.



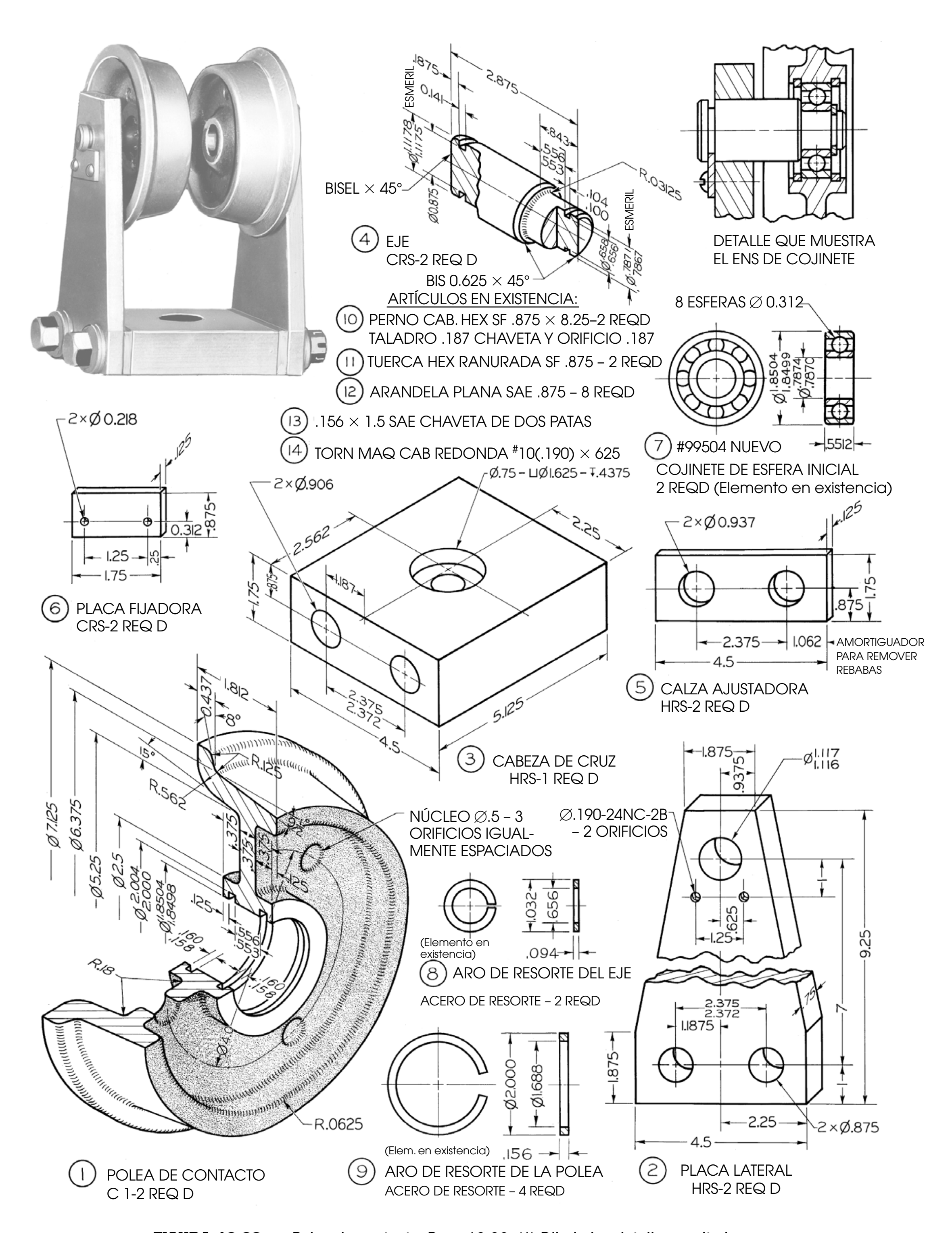
■ **FIGURA 13.59** ■ Prensa de esmeriladora. Proy. 13.37: Vea las figuras 13.60 y 13.61.



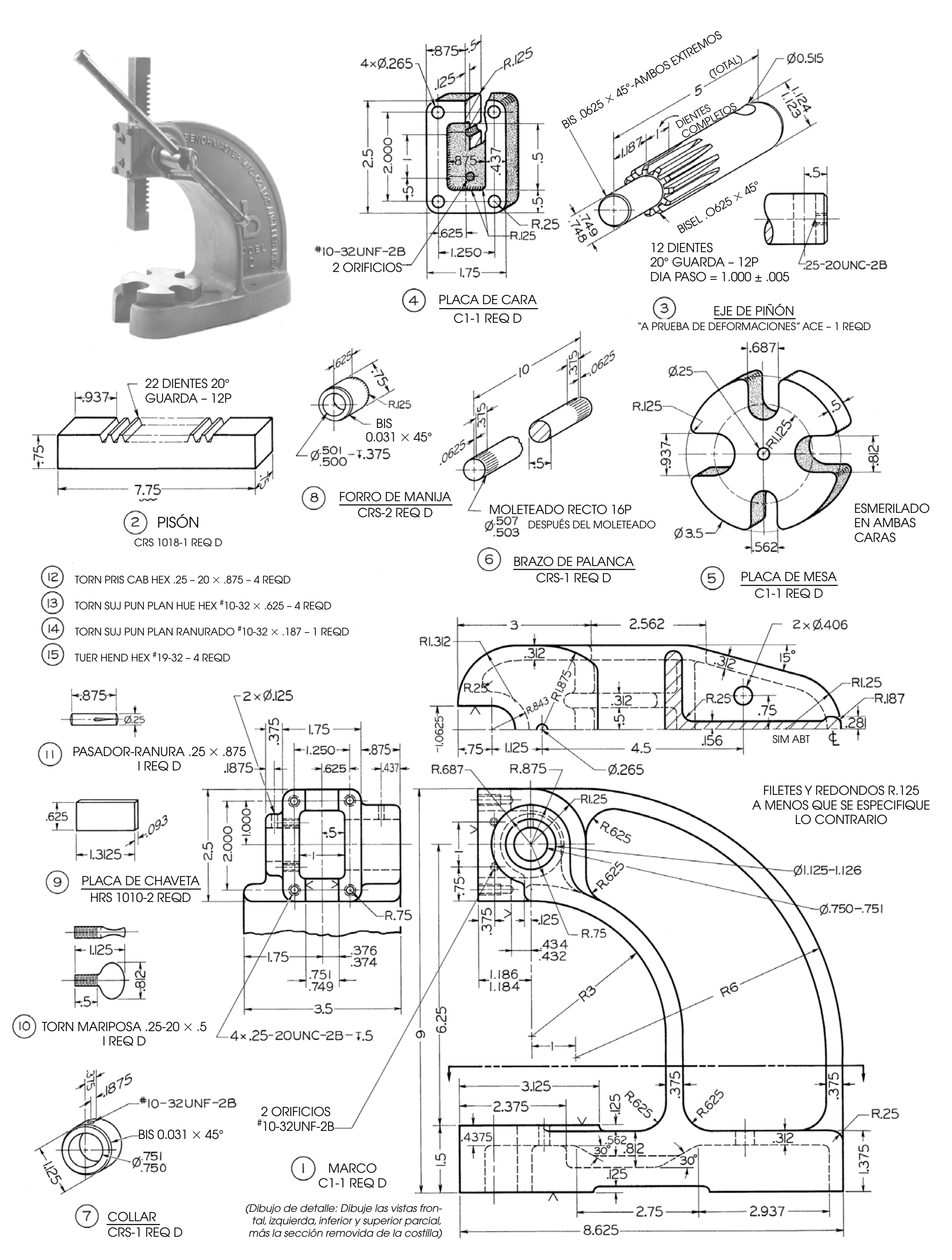
■ **FIGURA 13.60**
■ Prensa de esmeriladora. Proy. 13.37, continuación: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Vea las figuras 13.59 y 13.61. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe con dimensiones métricas.



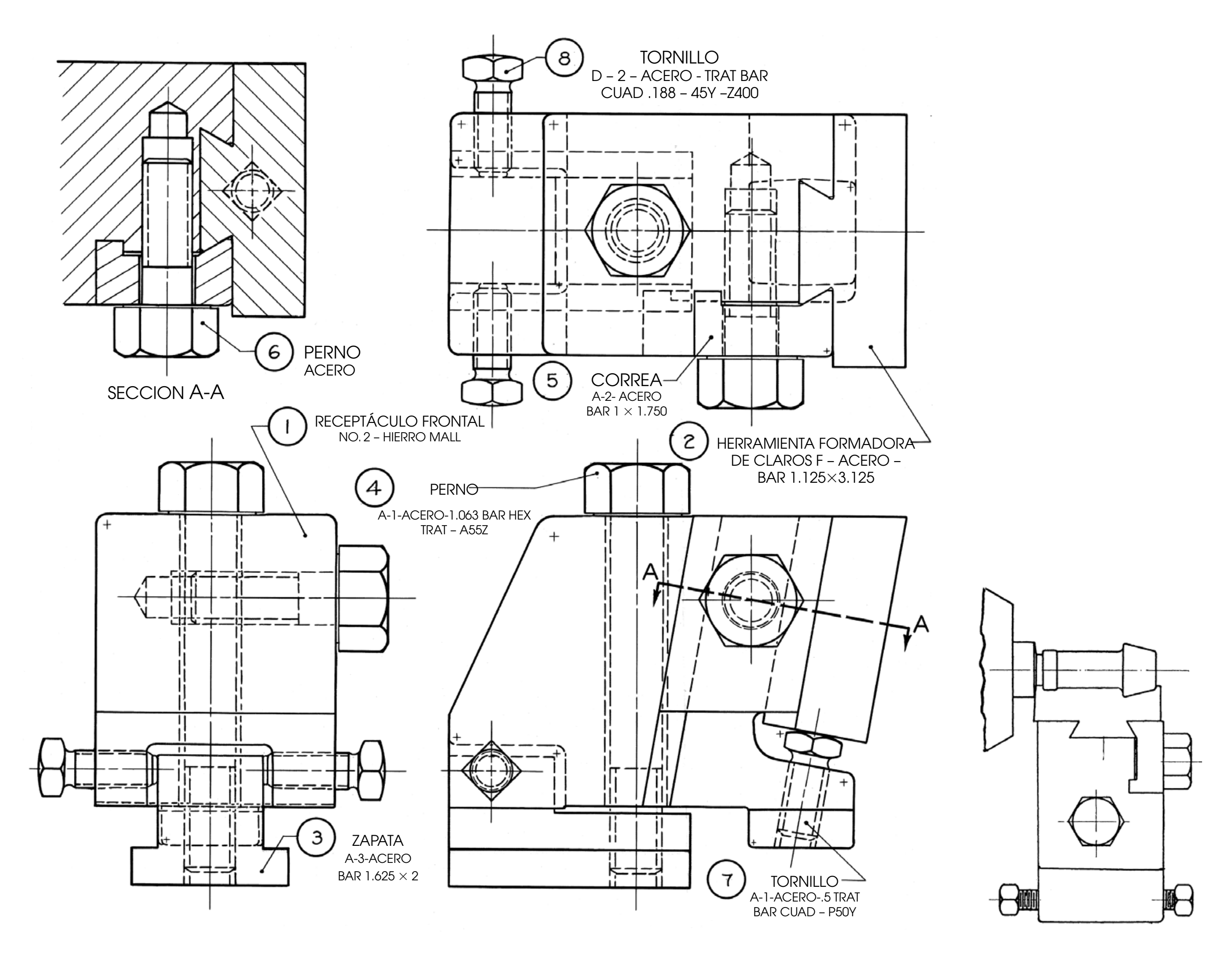
■ **FIGURA 13.61** ■ Prensa esmeriladora. Proy. 13.37, continuación: Vea la figura 13.60 para las instrucciones.



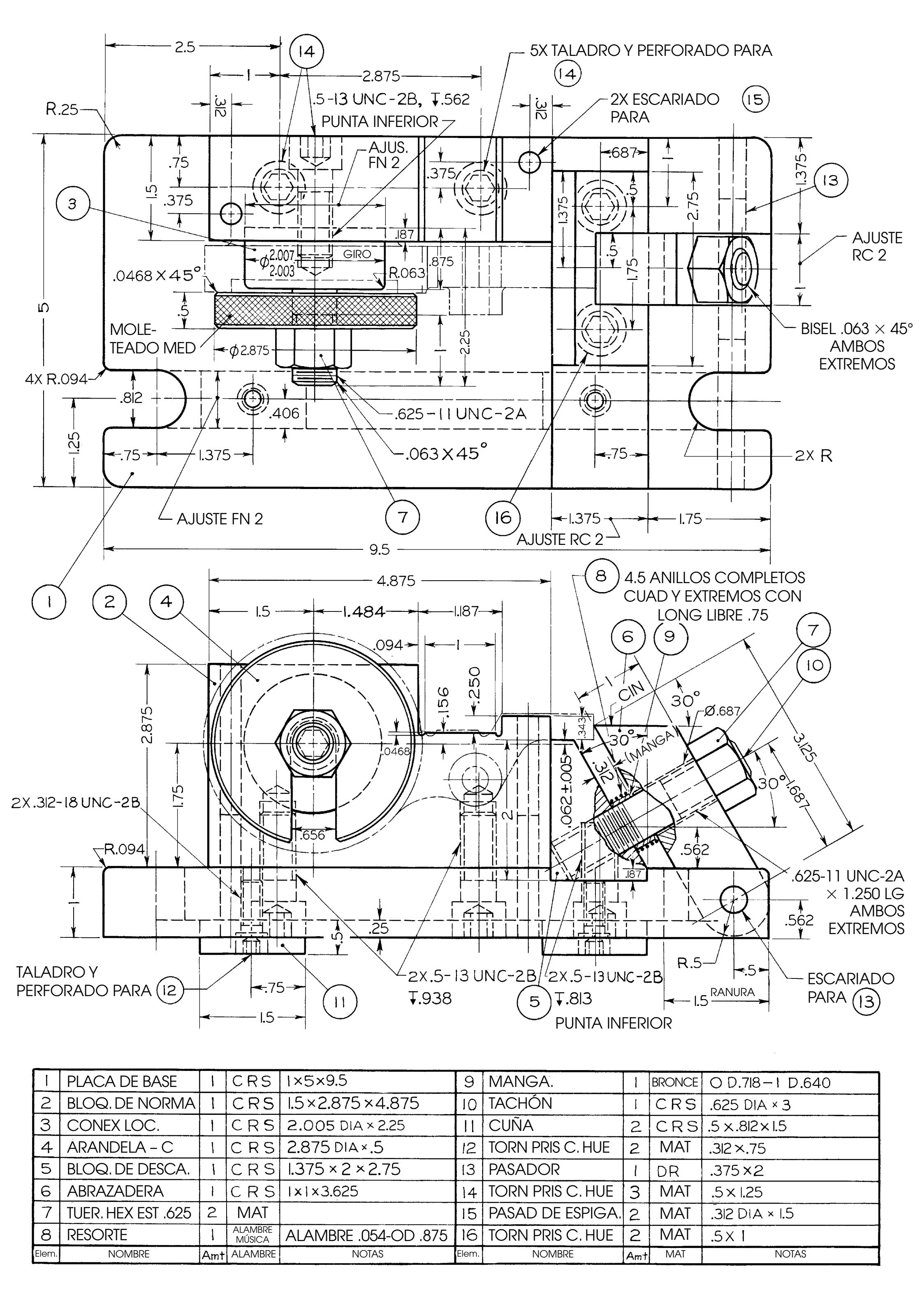
■ **FIGURA 13.62** ■ Polea de contacto. Proy. 13.38: (1) Dibuje los detalles, omita las partes 7-14. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe para dimensiones métricas.



■ **FIGURA 13.63** ■ Prensa de árbol. Proy. 13.39: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe para dimensiones métricas.

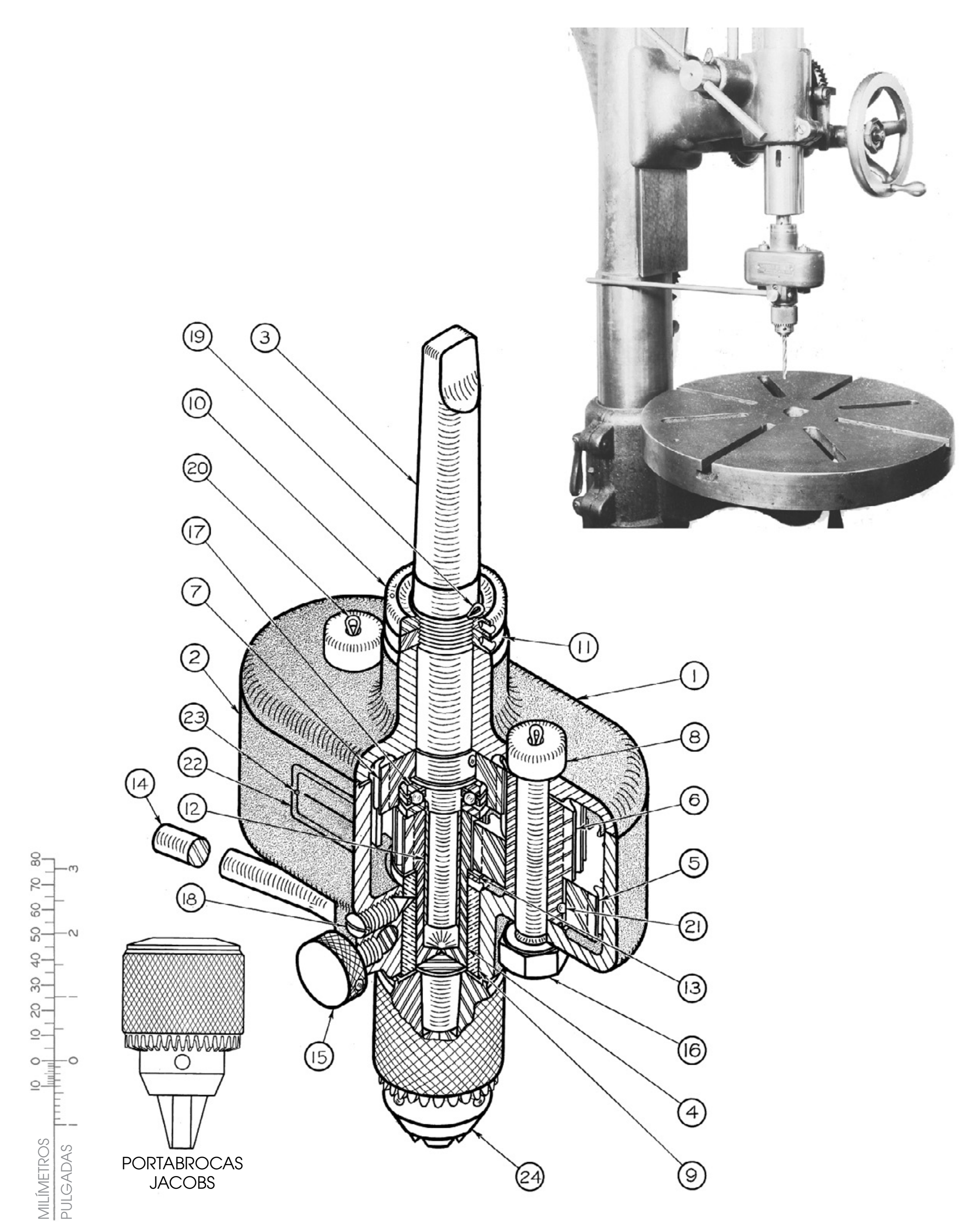


■ **FIGURA 13.64** ■ Receptáculo de cortadora para formación. (1) Dibuje los detalles usando dimensiones métricas o decimales. (2) Dibuje el ensamble. El esquema anterior está a la mitad del tamaño. Para obtener las dimensiones, mida de manera directa sobre la figura y duplique sus mediciones. A la izquierda se muestra la vista superior del receptáculo de cortadora, cuando se utiliza en el torno.

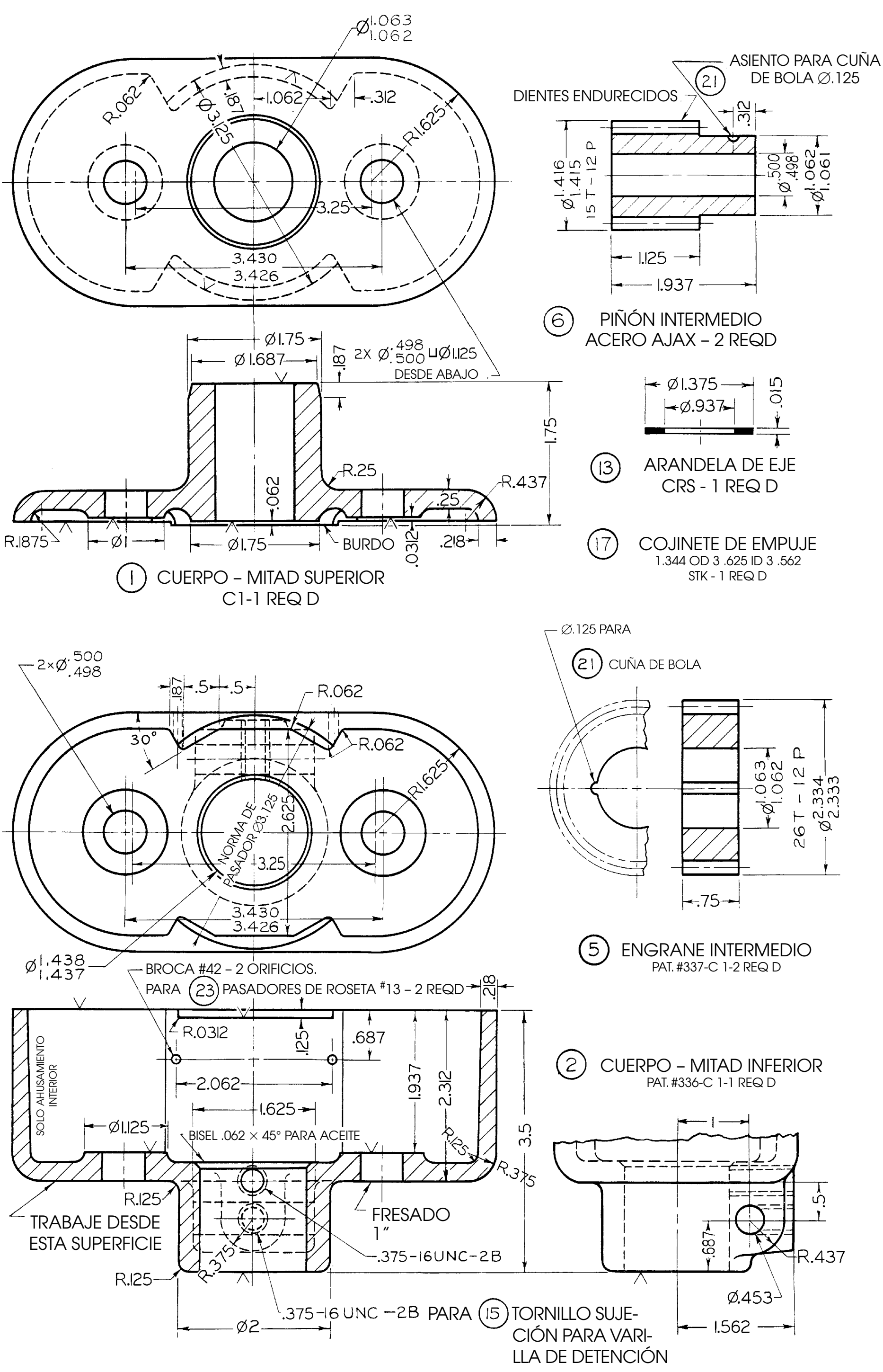


Elem.	NOMBRE	Amt	ALAMBRE	NOTAS	Elem.	NOMBRE	Amt	MAT	NOTAS
1	PLACA DE BASE	1	CRS	1×5×9.5	9	MANGA.	1	BRONCE	O D.718 – I D.640
2	BLOQ. DE NORMA	1	CRS	1.5×2.875×4.875	10	TACHÓN	1	CRS	.625 DIA × 3
3	CONEX LOC.	1	CRS	2.005 DIA × 2.25	11	CUÑA	2	CRS	.5 × .812 × 1.5
4	ARANDELA – C	1	CRS	2.875 DIA × .5	12	TORN PRIS C. HUE	2	MAT	.312 × .75
5	BLOQ. DE DESCA.	1	CRS	1.375 × 2 × 2.75	13	PASADOR	1	DR	.375 × 2
6	ABRAZADERA	1	CRS	1 × 1 × 3.625	14	TORN PRIS C. HUE	3	MAT	.5 × 1.25
7	TUER. HEX EST .625	2	MAT		15	PASAD DE ESPIGA.	2	MAT	.312 DIA × 1.5
8	RESORTE	1	ALAMBRE MÚSICA	ALAMBRE .054-OD .875	16	TORN PRIS C. HUE	2	MAT	.5 × 1

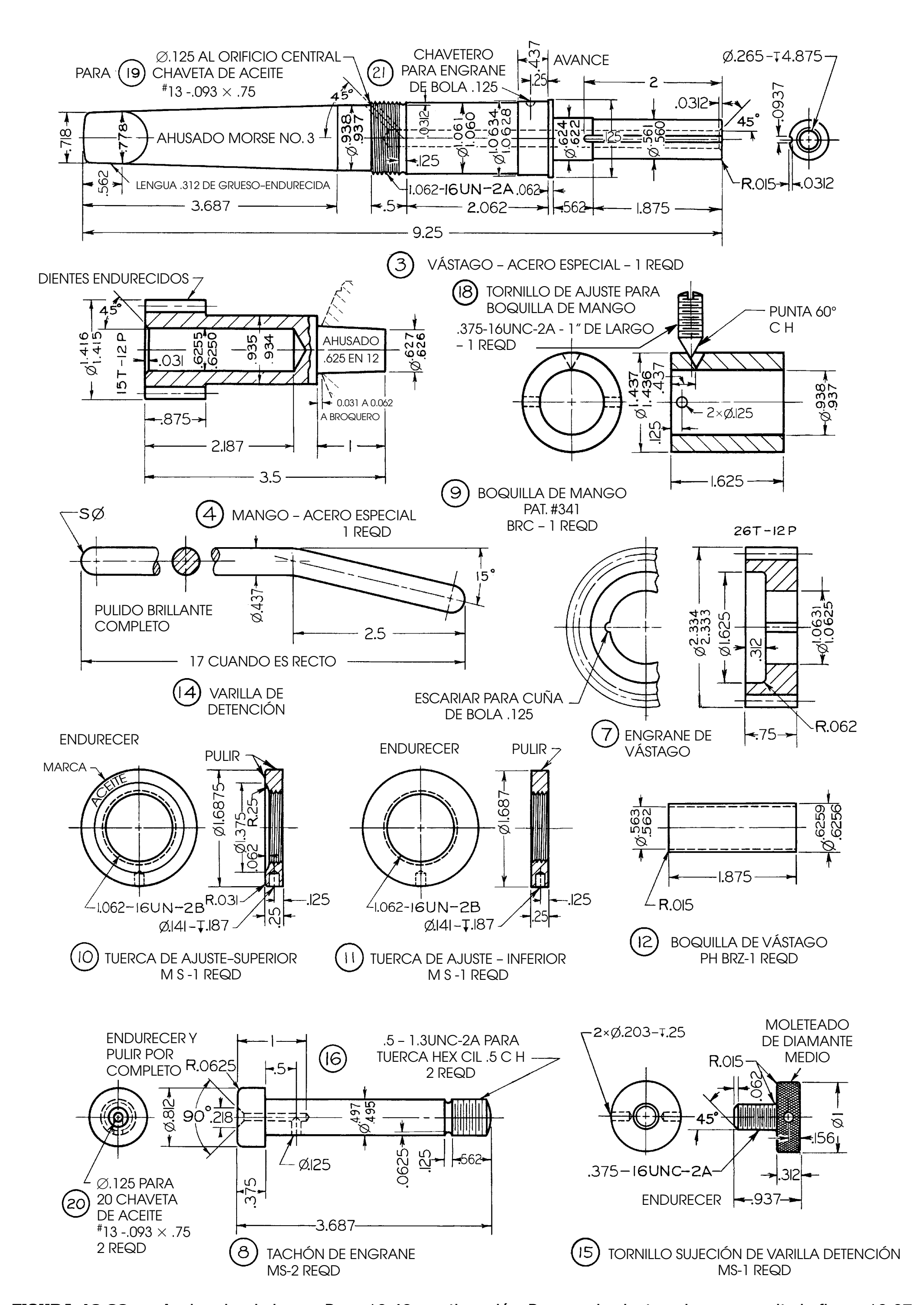
■ **FIGURA 13.65** ■ Brazo de embrague para fresadora. (1) Dibuje los detalles usando el sistema de pulgadas decimales o, si así se le asigna, rediseñe para dimensiones métricas. (2) Dibuje el ensamble.



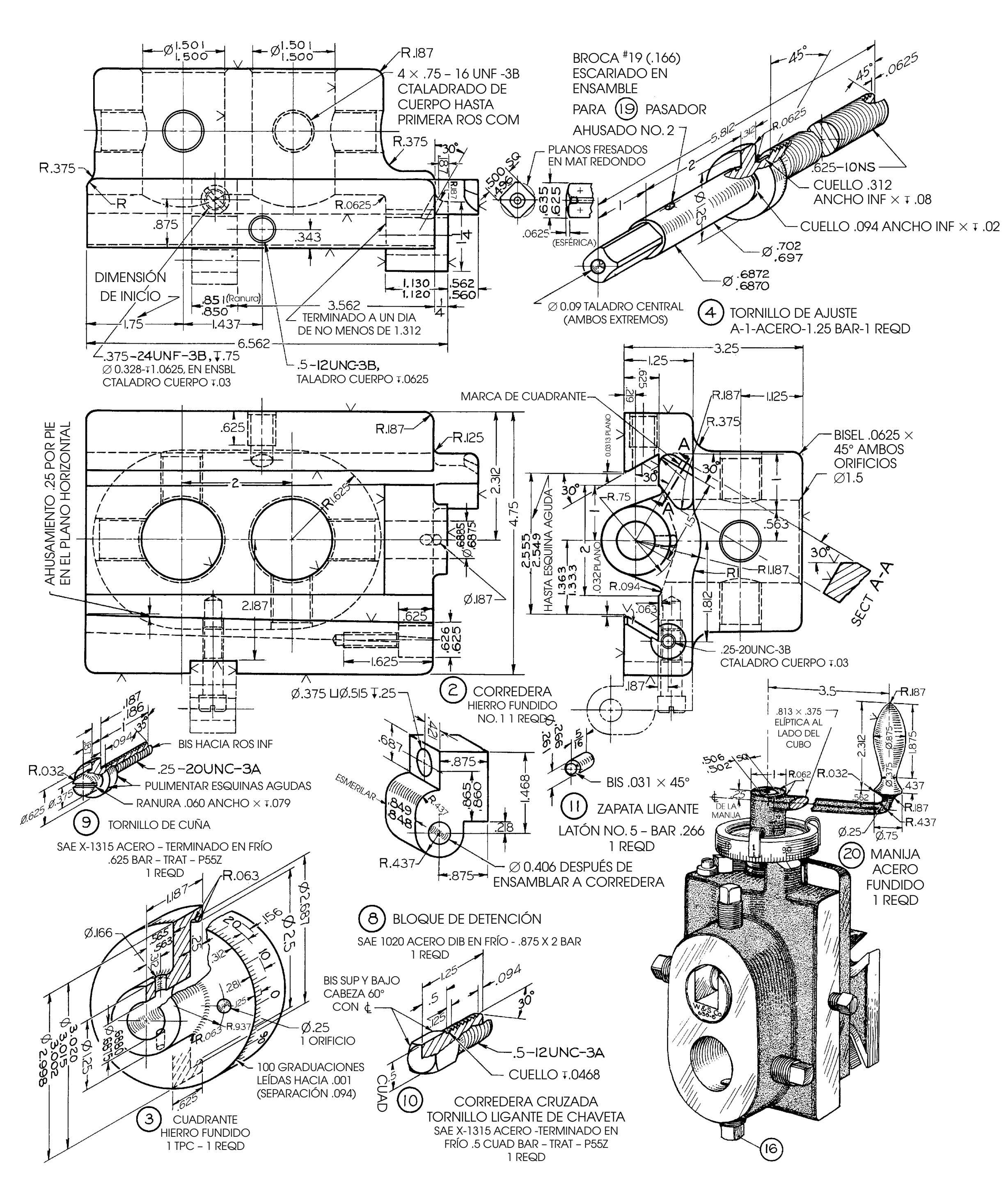
■ **FIGURA 13.66** ■ Acelerador de broca. Proy. 13.42: Vea las figuras 13.67 y 13.68.



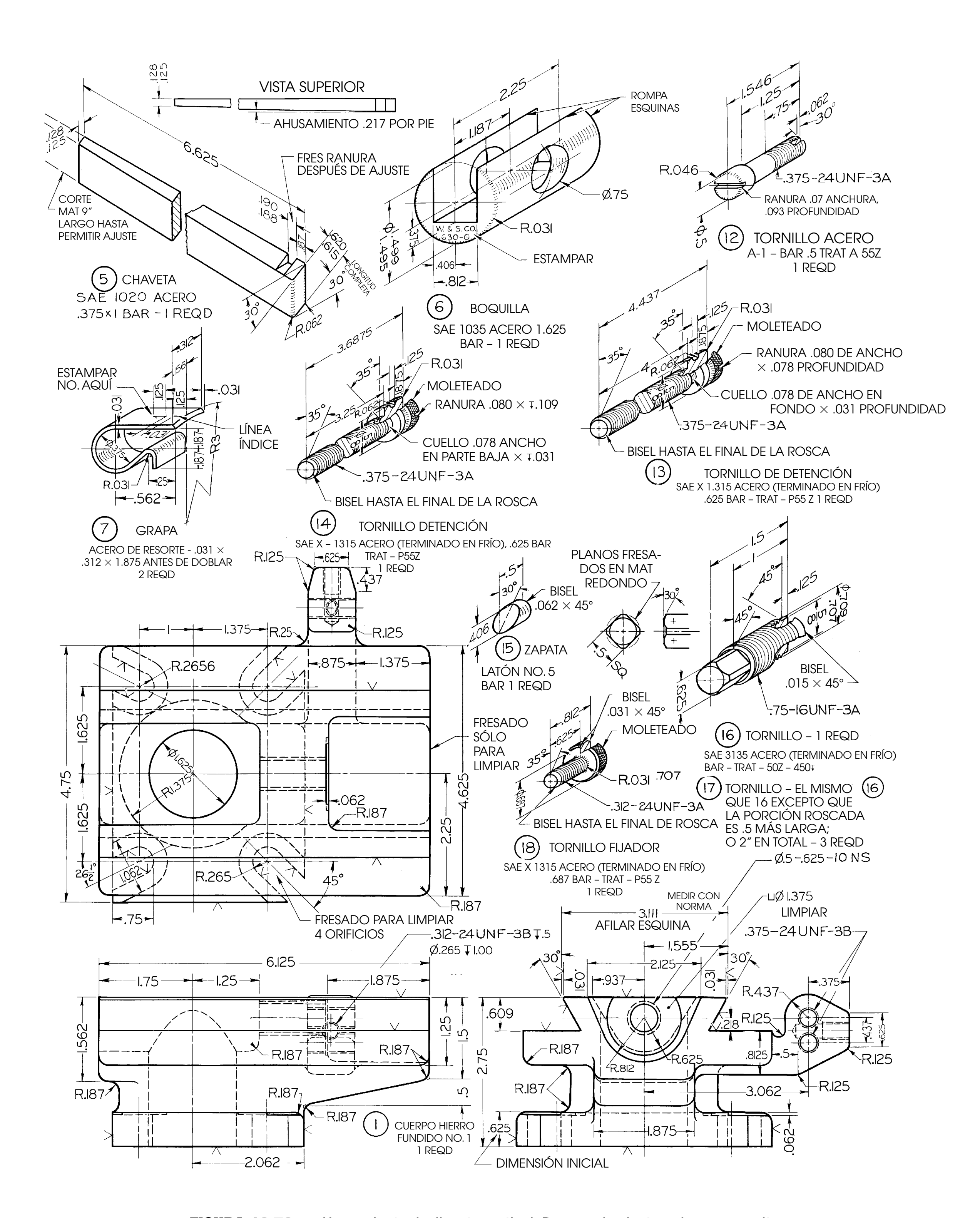
■ **FIGURA 13.67** ■ Acelerador de broca. Proy. 13.42, continuación: (1) Dibuje los detalles. (2) Dibuje el ensamble. Vea la figura 13.66. Si así se le asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe con dimensiones métricas.



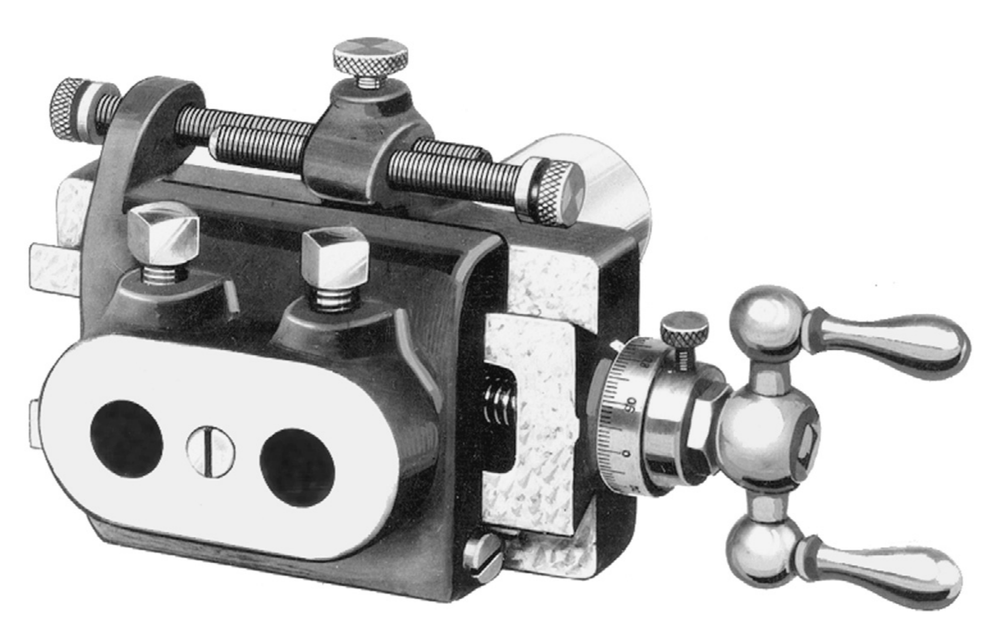
■ **FIGURA 13.68** ■ Acelerador de broca. Proy. 13.42, continuación. Para ver las instrucciones consulte la figura 13.67.



■ **FIGURA 13.69** ■ Herramienta deslizante vertical. (1) Dibuje los detalles. Si así se asigna, convierta las dimensiones a pulgadas decimales o rediseñe para el sistema métrico. (2) Dibuje el ensamble. Para la parte 2: tome la vista superior dada como vista frontal en el nuevo dibujo; después agregue las vistas superior y derecha. Vea también la figura 13.70. Si así se asigna, use dimensiones unidireccionales.



■ **FIGURA 13.70** ■ Herramienta deslizante vertical. Para ver las instrucciones consulte la figura 13.69. Para la parte 1: tome la vista superior como la vista frontal en el nuevo dibujo; después agregue las vistas superior y derecha.



■ **FIGURA 13.71** ■ Herramienta deslizante. Proy. 13.44: Haga el dibujo de ensamble. Vea las figuras 13.69 y 13.70.

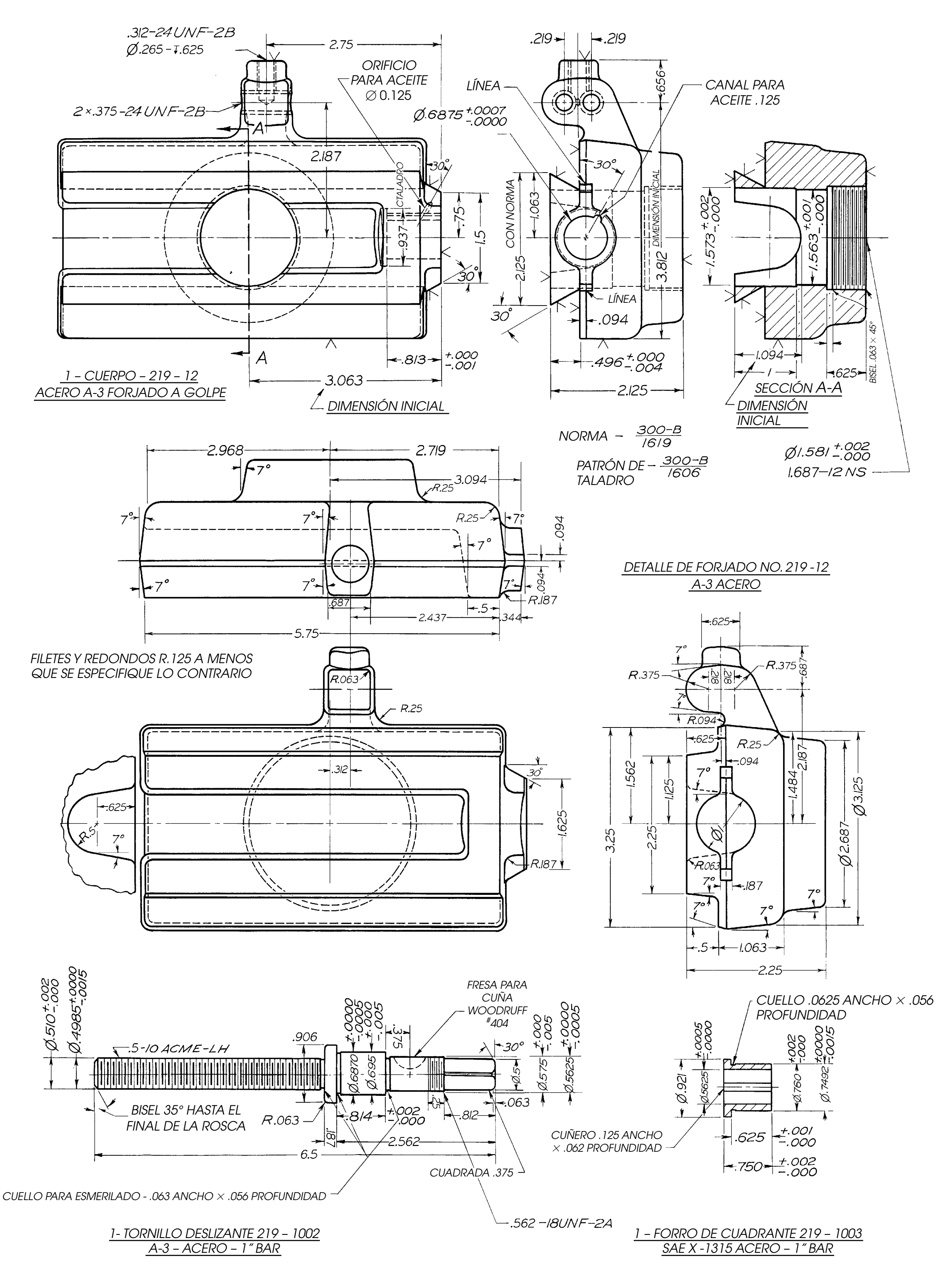
LISTA DE PARTES NO. DE HOJAS 2 HOJA NO. 1 MÁQUINA NO. M-219

NOMBRE NO. 4 HERRAMIENTA DESLIZANTE (ESPECIFIQUE TAMAÑO EN VÁSTAGO REQD NÚMERO DE LOTE

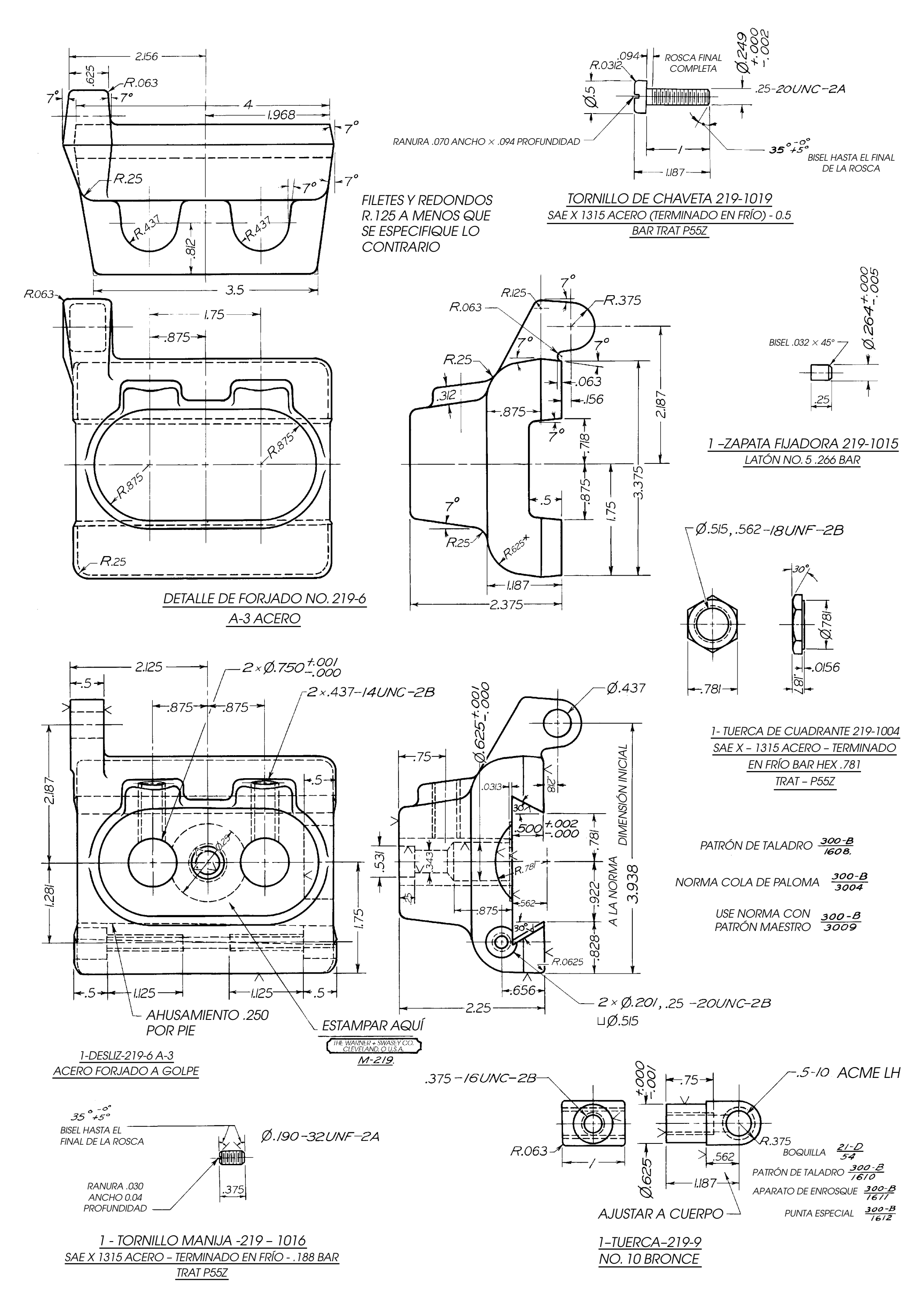
NO. DE PIEZAS

TOTAL EN MAQ.	NO. PCS.	NOMBRE DE LA PARTE	PARTE NO.	FUNDIDO DE PARTE NO.	SIGUE A NO.	MATERIAL	PESO BRUTO POR PC.	DIAM.	LONGITUD	FRESA	PARTE USADA EN	NO. REG TERM.
	1	Cuerpo	219-12		D-17417	A-3-S D F						
	1	Corredera	219-6		D-19255	A-3-S D F					219-12	
	1	Tuerca	219-9		E-19256	#10 BZ					219-6	
	1	Chaveta	219-1001		C-11129	S A E 1020					219-6	
	1	Tornillo deslizante	219-1002		C-11129	A-3-S					219-12	
	1	Forro de cuadrante	219-1003		C-11129	A-1-S					219-1002	
	1	Tuerca de cuadrante	219-1004		C-11129	A-1-S					219-1002	
	1	Manija	219-1011		E-18270	(Comprar en Cincinnati Ball Cranck, Co.)					219-1002	
	1	Torn. de detención (corto)	219-1012		E-51950	A-1-S					219-6	
	1	Torn. de detención (largo)	219-1013		E-51951	A-1-S					219-6	
	1	Zapata fijadora	219-1015		E-51952	Latón #5					219-6	
	1	Tornillo de manija	219-1016		E-62322	X-1315 C F					219-1011	
	1	Tornillo fijador	219-1017		E-63927	A-1-S					219-6	
	1	Cuadrante	219-1018		E-39461	A-1-S					219-1002	
	2	Tornillo de chaveta	219-1019		E-52777	A-1-S		$\frac{1}{4}$-20	1		219-6	
	1	Tornillo fijador	280-1010		E-24962	A-1-S					219-1018	
	2	Torn. de abraz. de herr.	683-F-1002		E-19110	D-2-S					219-6	
	1	Torn Pris Cab Cil	1-A			A-1-S		$\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{8}$		219-6 219-9	
	1	Cuña	No.404 Woodruff								219-1002	

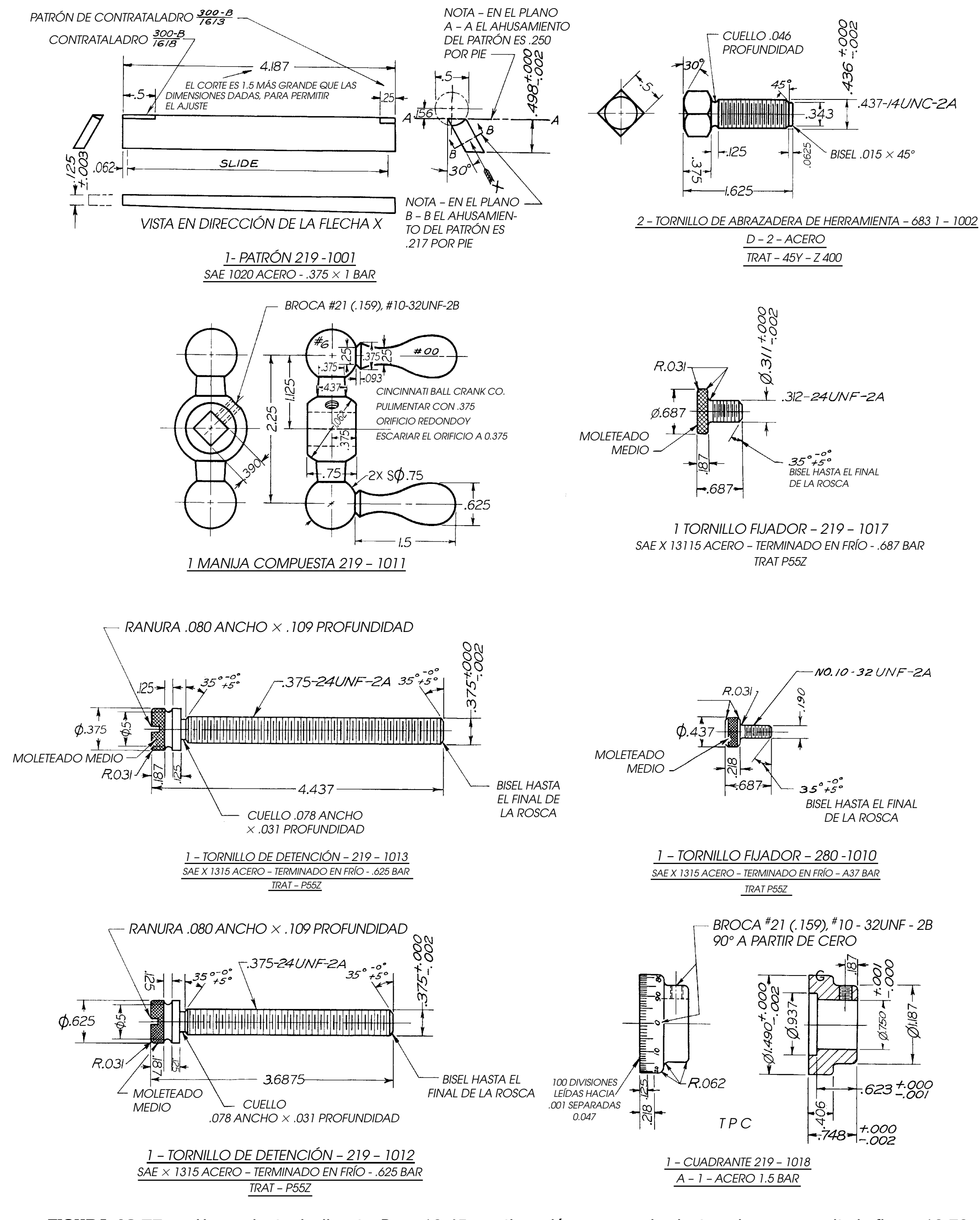
■ **FIGURA 13.72** ■ Proy. 13.45: Lista de partes de la herramienta deslizante.



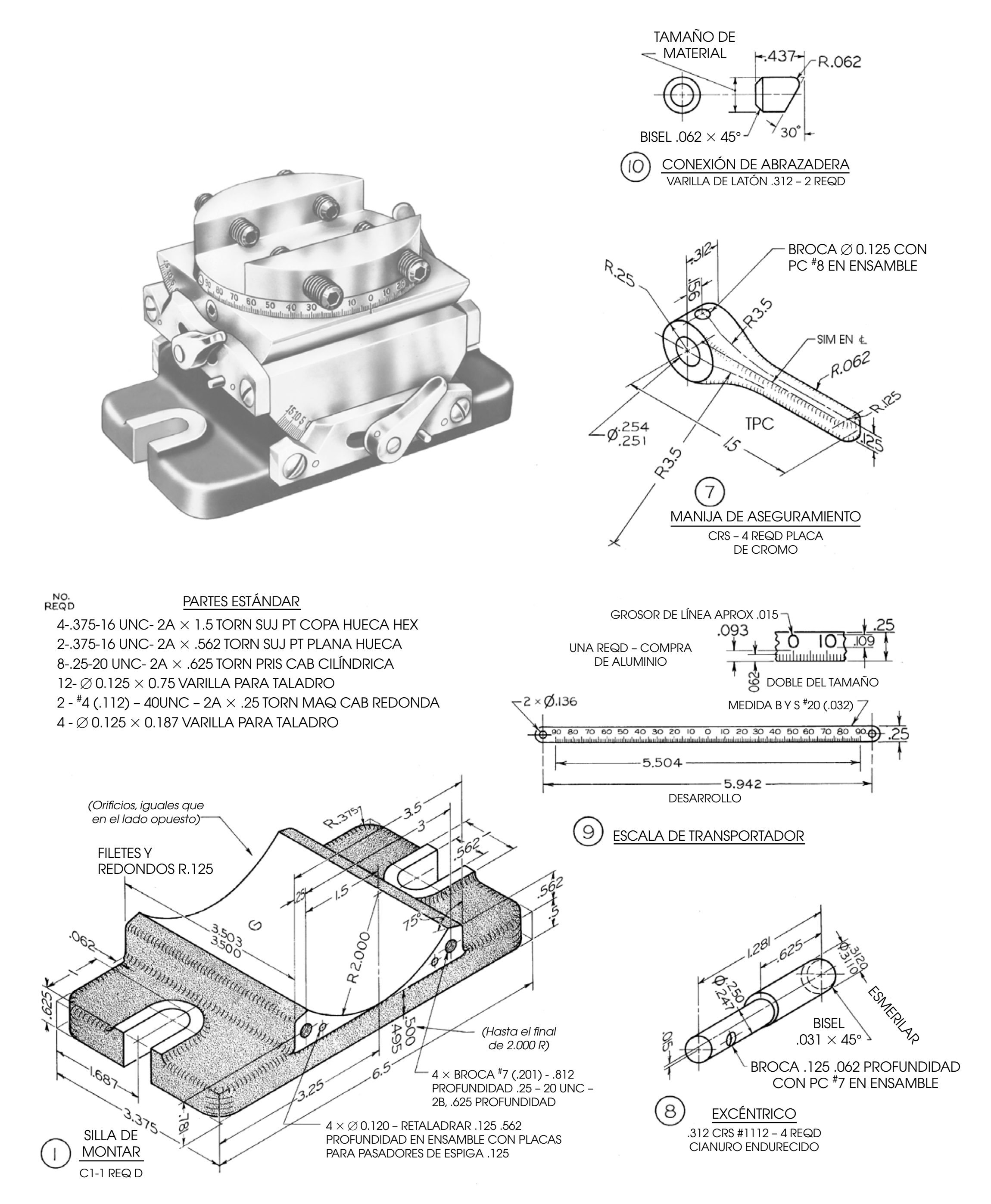
■ **FIGURA 13.73** ■ Herramienta deslizante. Proy. 13.45, continuación: (1) Dibuje los detalles usando dimensiones en pulgadas decimales o rediseñe con dimensiones métricas, si así se le asigna. (2) Dibuje el ensamble. Vea la figura 13.72.



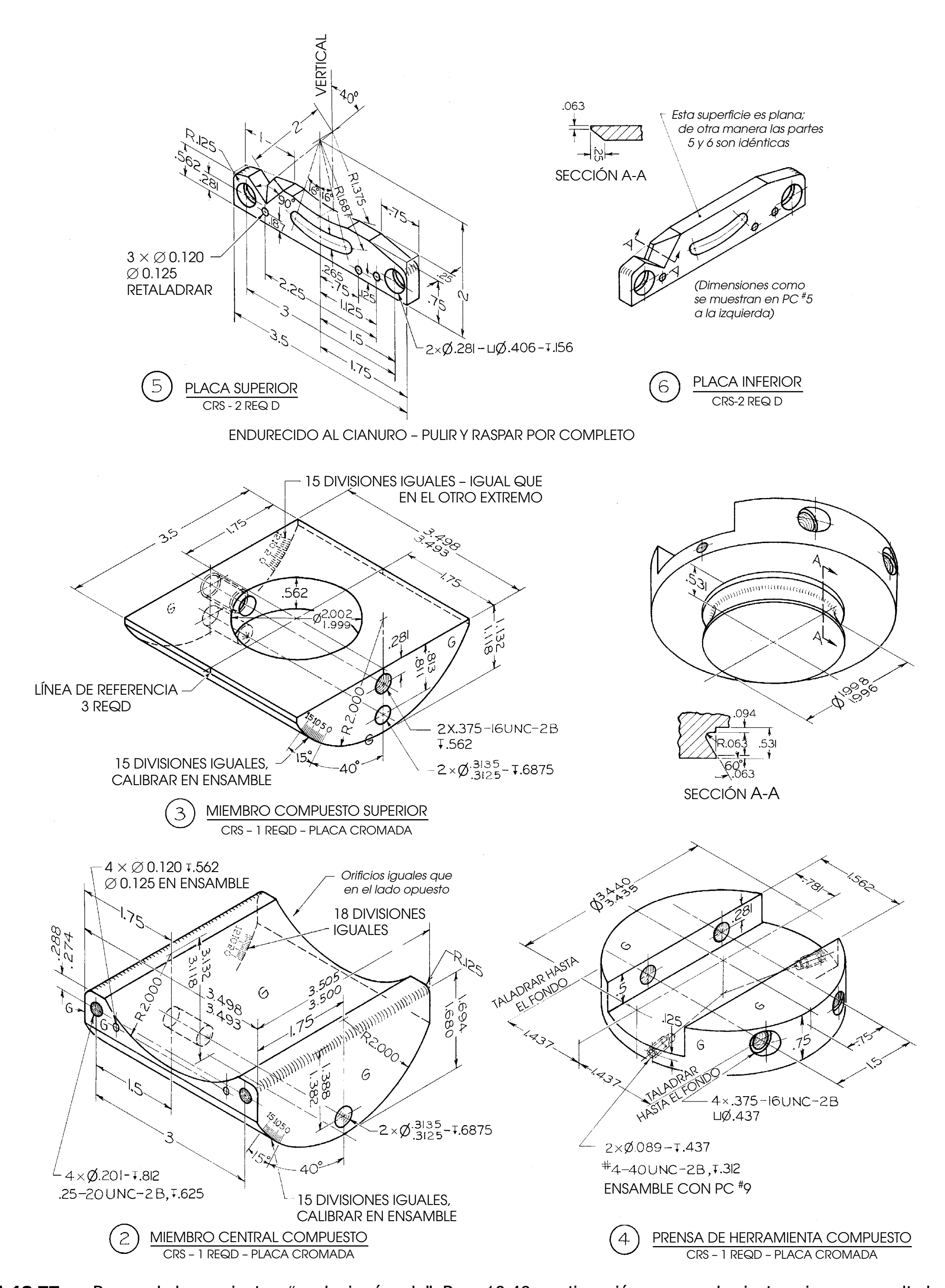
■ **FIGURA 13.74** ■ Herramienta deslizante. Proy. 13.45, continuación: Para ver las instrucciones, consulte la figura 13.73.



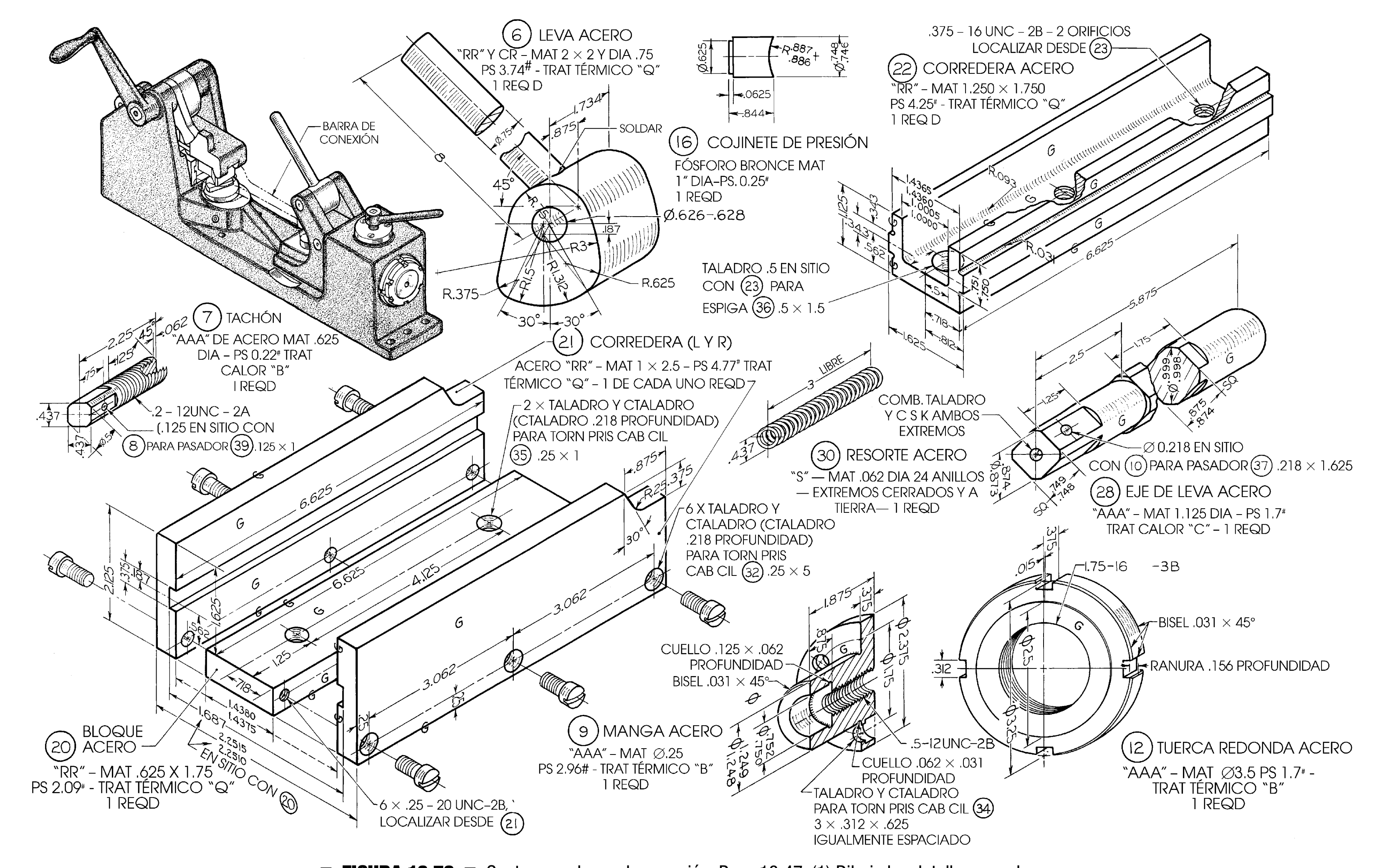
■ **FIGURA 13.75** ■ Herramienta deslizante. Proy. 13.45, continuación: para ver las instrucciones, consulte la figura 13.73.



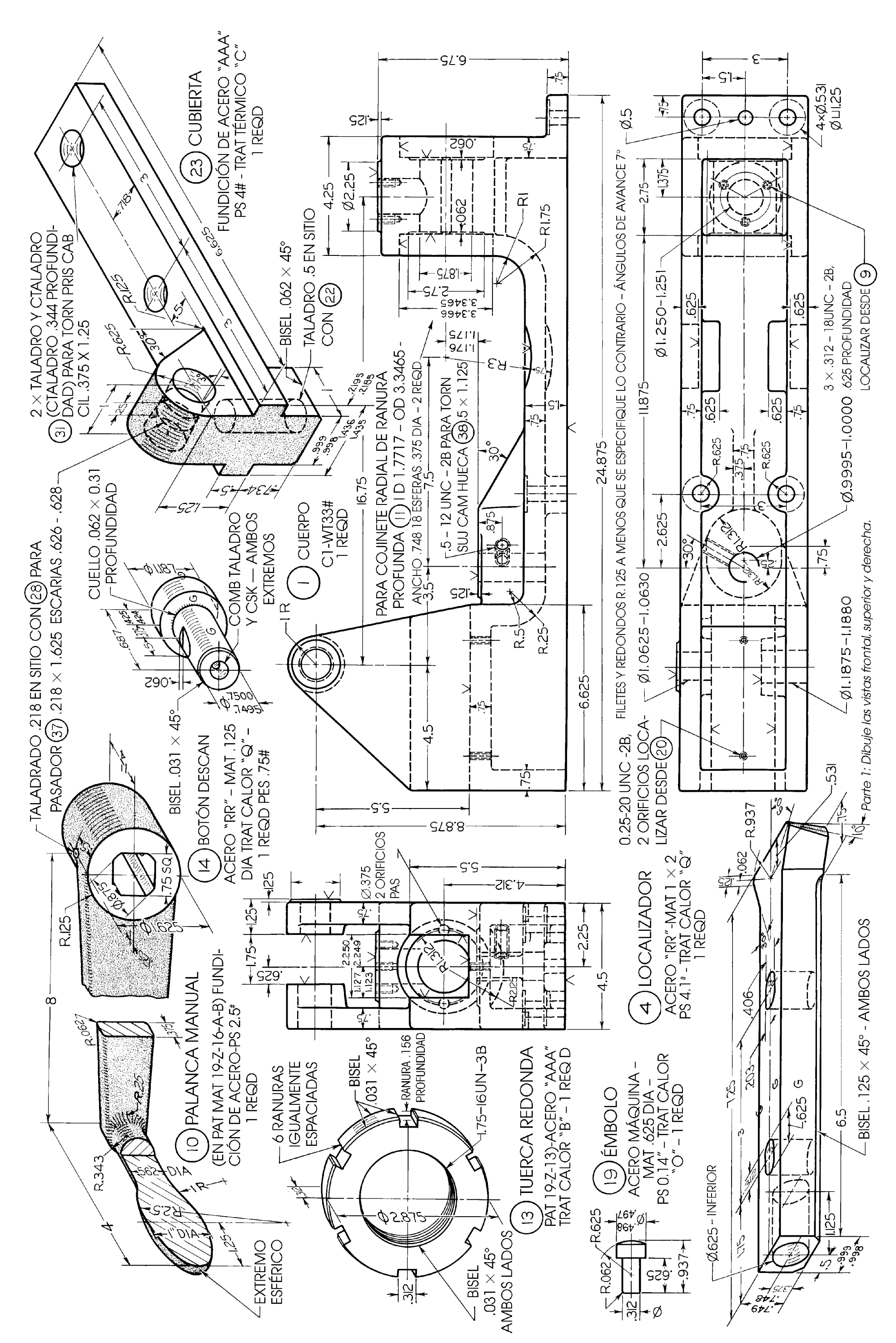
■ **FIGURA 13.76** ■ Prensa de herramienta a "cualquier ángulo". Proy. 13.46: (1) Dibuje los detalles usando dimensiones en pulgadas decimales o rediseñe con dimensiones métricas, si así se asigna. (2) Dibuje el ensamble. Vea también la figura 13.77.



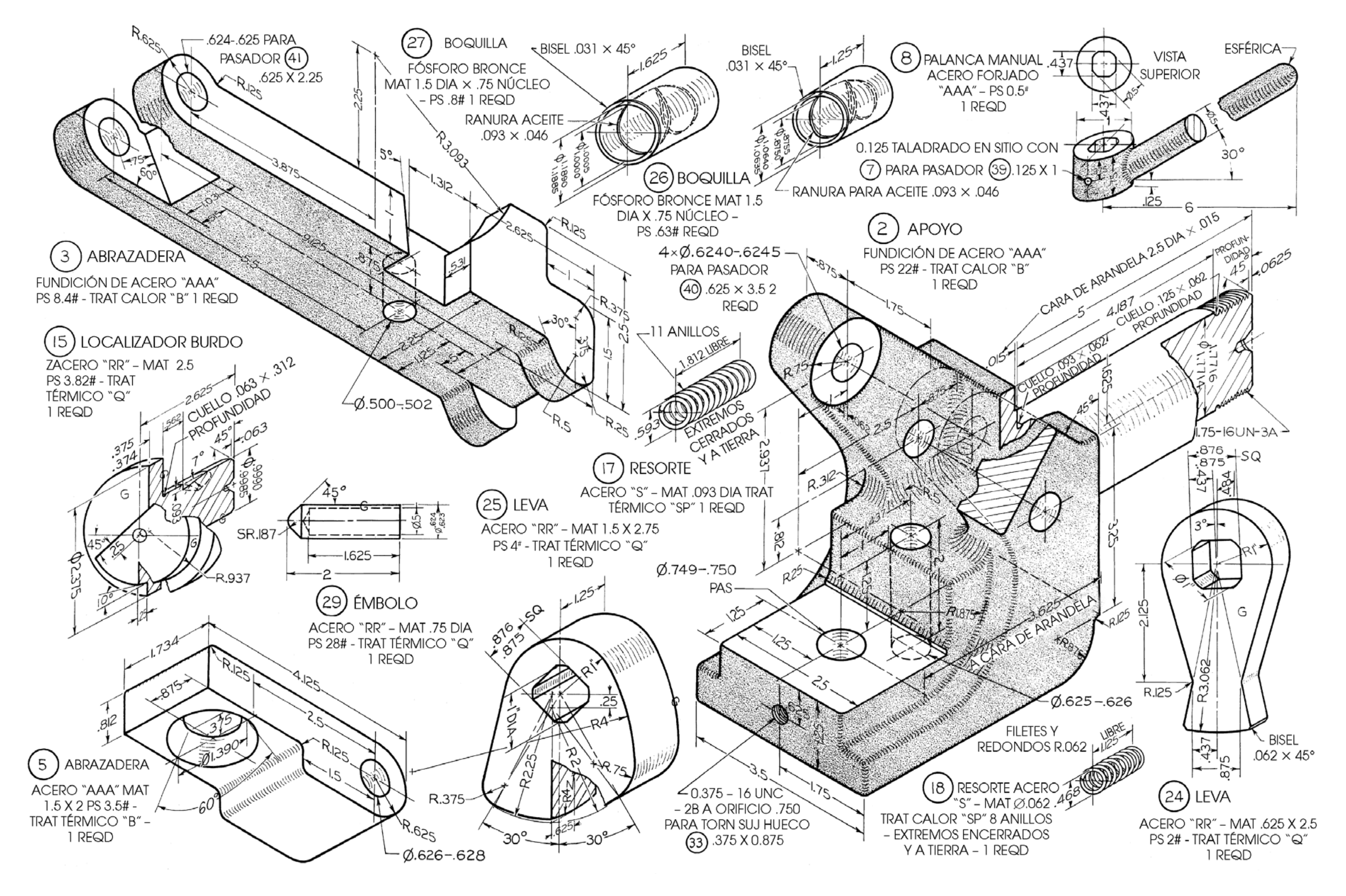
■ **FIGURA 13.77** ■ Prensa de herramienta a "cualquier ángulo". Proy. 13.46, continuación: para ver las instrucciones, consulte la figura 13.76.



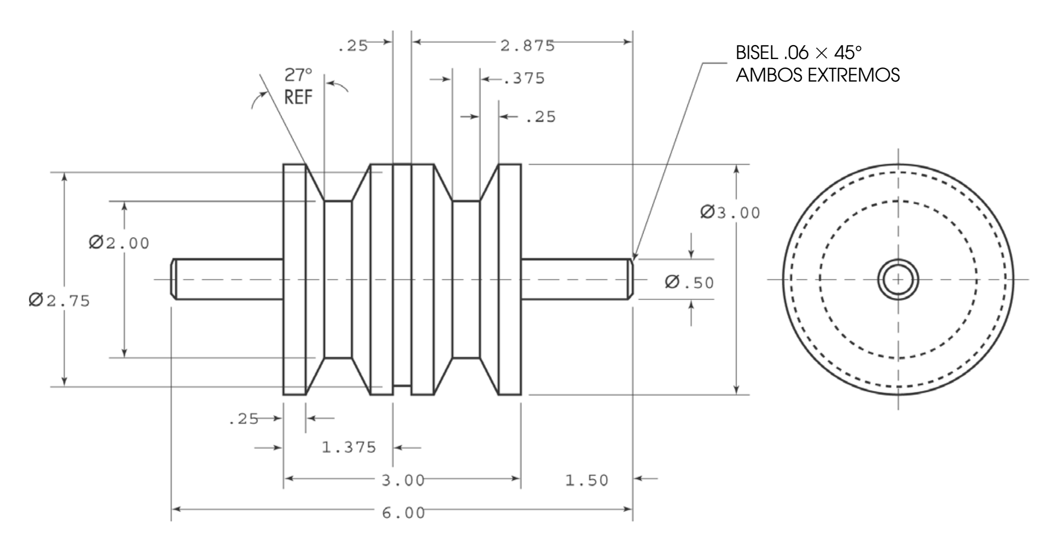
■ **FIGURA 13.78** ■ Centro para barra de conexión. Proy. 13.47: (1) Dibuje los detalles usando dimensiones en pulgadas decimales o rediseñe con dimensiones métricas, si así se le asigna. (2) Dibuje el ensamble. Vea también las figuras 13.79 y 13.80.



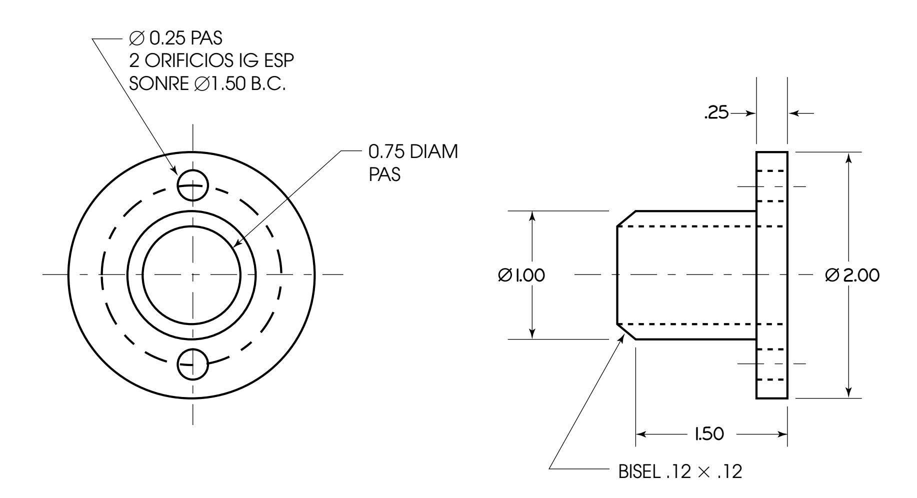
■ **FIGURA 13.79** ■ Centro para barra de conexión. Proy. 13.47, continuación: Para ver las instrucciones, consulte la figura 13.78.



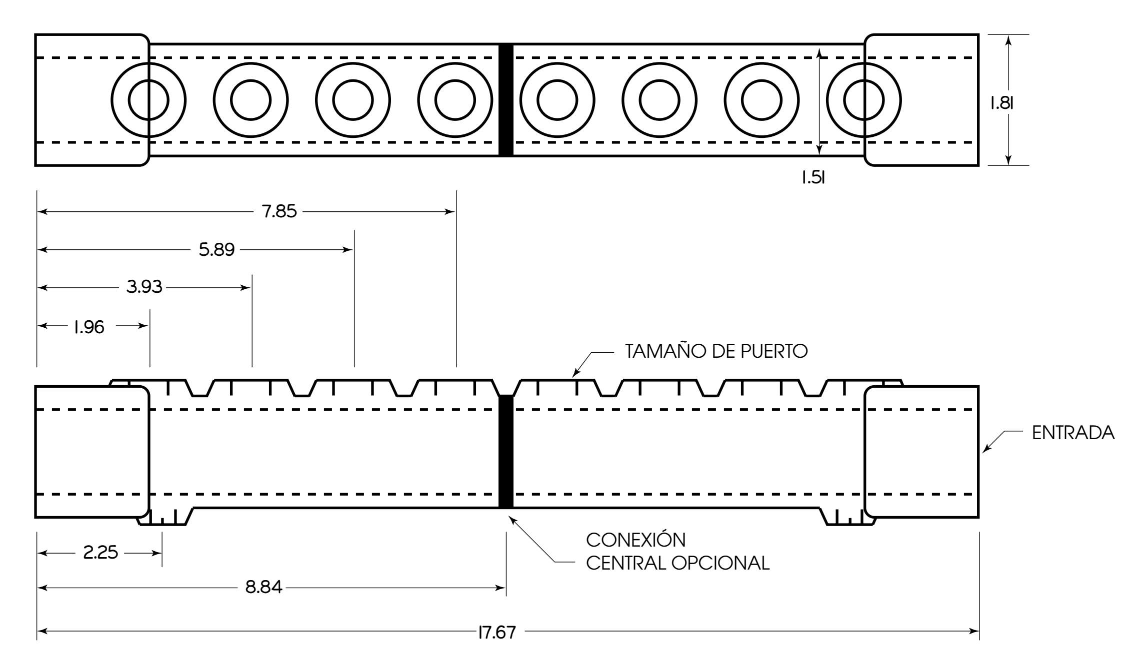
■ **FIGURA 13.80** ■ Centro para barra de conexión. Proy. 13.47, continuación: para ver las instrucciones, consulte la figura 13.78.



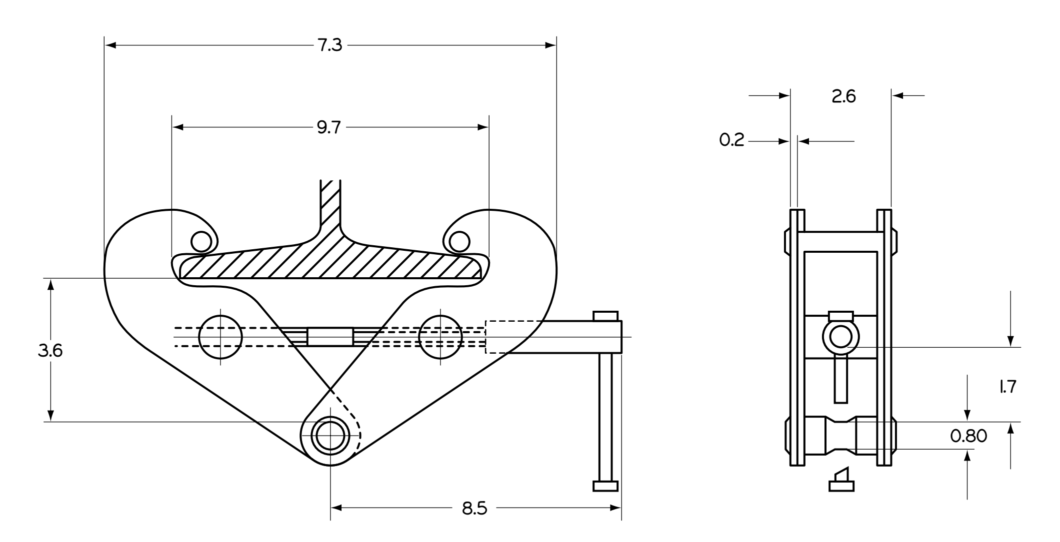
■ **FIGURA 13.81** ■ Rueda de alineación. Proy. 13.48. (1) Dibuje las vistas superior e izquierda. (2) Rediseñe con dimensiones métricas.



■ **FIGURA 13.82** ■ Boquilla de plástico. Proy. 13.49. (1) Dibuje las vistas superior e izquierda. (2) Rediseñe con dimensiones métricas.



■ **FIGURA 13.83** ■ Proy. 13.50. Distribuidor de nylon de 8 puertos. Dibuje las vistas inferior e izquierda. Rediseñe con dimensiones métricas.



■ **FIGURA 13.84** ■ Proy. 13.51. Abrazadera de vigueta. Vistas frontal y lateral. Dibuje con dimensiones métricas e incremente el tamaño por 2.

Apéndice

1 Bibliografía de los Estándares Nacionales Estadounidenses

American National Standards Institute, 11 West 42nd St., New York, NY. 10036. Para ver una lista completa de estándares, consulte el catálogo ANSI de Estándares Nacionales Estadounidenses.

Abreviaturas

Abreviaturas para su uso en dibujos y textos, ANSI/ASME Y1.1-1989

Arandelas

Arandelas de fijación, métricas, ANSI/ASME B18.21.2M-1994
Arandelas de fijación, pulgadas, ANSI/ASME B18.21.1-1994
Arandelas planas, ANSI B18.22.1-1965 (R1981)
Arandelas planas, métricas, ANSI B18.22M-1981

Cuñas y pasadores

Cuñas hexagonales y mechas (serie métrica), ANSI B18.3.2M-1979 (R1994)
Cuñas y cuñeros, ANSI B17.1-1967 (R1989)
Cuñas y cuñeros Woodruff, ANSI B17.2-1967 (R1990)
Pasadores — pasadores ahusados, pasadores de espiga, pasadores rectos, pasadores rasurados y pasadores de resorte (serie en pulgadas), ANSI/ASME B18.8.2-1994
Pasadores de horquilla y chavetas de dos patas, ANSI/ASME B18.8.1-1994

Dimensionamiento y terminado de superficie

Límites y ajustes métricos preferidos, ANSI B4.2-1978 (R1994)
Límites y ajustes preferidos para partes cilíndricas, ANSI B4.1-1967 (R1994)
Textura de superficie, ANSI/ASME B46.1-1995
Tolerancias generales para productos con dimensiones métricas, ANSI B4.3-1978 (R1994)

Engranes

Geometría de engranes básica, ANSI/AGMA 115.01-1989
Manual de diseño para engranes biselados, ANSI/AGMA 2005-B88
Nomenclatura de engranes — Modos de falla de dientes, ANSI/AGMA 110.04-1980 (R1989)
Nomenclatura de engranes — Términos, definiciones, símbolos y abreviaturas, ANSI/AGMA 1012-F90
Proporciones de dientes para puntales de paso fino y engranes helicoidales, ANSI/AGMA 1003-G93

Manuales de dibujo (Y14)

Convenciones de líneas y letreros, ANSI/ASME Y14.2M-1992
Diagramas eléctricos y electrónicos, ANSI Y14.15M-1966 (R1988)
Diagramas eléctricos y electrónicos —Complemento, ANSI Y14.15a-1971 (R1988)
Diagramas eléctricos y electrónicos— Complemento, ANSI Y14.15b-1973 (R1988)
Dibujo ilustrativo, ANSI/ASME Y14.4M-1989 (R1994)
Dibujos con vistas múltiples y de sección, ANSI/ASME Y14.3M-1994
Dibujos de ingeniería, tipos y aplicaciones, ANSI/ASME Y14.24M-1989. Revisión de dibujos de ingeniería, ANSI/ASME Y14.35M-1992
Dimensionamiento y tolerancia, ANSI/ASME Y14.5M-1994
Estándares para el dibujo de engranes —Parte 1, para espuelas, helicoidales, dobles helicoidales y rejillas, ANSI/ASME Y14.7.1-1971 (R1993)
Estándares para el dibujo de engranes y ranuras —Parte 2, engranes hipoidales y biselados, ANSI Y14.7.2-1978 (R1994)
Fundiciones y forjados, ANSI/ASME Y14.BM-1989
Listas de partes, listas de datos y listas índice, ANSI/ASME Y14.34M-1990
Representación de resortes mecánicos, ANSI/ASME Y14.13M-1981 (R1992)
Representación de roscas de tornillo, ANSI/ASME Y14.6-1978 (R1993)
Representación de roscas de tornillo, métricas, ANSI/ASME Y14.6aM-1981 (R1993)
Símbolos de textura de superficie, ANSI/ASME Y14.36M-1996
Tamaño y formato de hojas métricas para dibujo, ANSI/ASME Y14.1M-1995
Tamaño y formato de hojas para dibujos, pulgadas decimales, ANSI/ASME Y14.1-1995

Pernos, tornillos y tuercas

Contratuercas hex, métricas, ANSI B18.2.4.5M-1979 (R1990)
Pernos de arado, ANSI/ASME B18.9-1958 (R1995)
Pernos de cabeza redonda, métricos con cabeza redonda, cuello cuadrado corto, ANSI/ASME B18.5.2.1M-1981 (R1995)
Pernos y tornillos cuadrados y hex, serie en pulgadas, ANSI B18.2.1-1981 (R1992)
Pernos y tuercas de vía, ANSI/ASME B18.10-1982 (R1992)
Pernos, hex métricos, ANSI B18.2.3.5M-1979 (R1995)
Pernos, hex pesados métricos, ANSI B18.2.3.6M-1979 (R1995)
Pernos, hex pesados métricos estructurales, ANSI B18.2.3.7M-1979 (R1995)
Pernos, métricos de cabeza redonda, cuello cuadrado, ANSI/ASME B18.5.2.2M-1982 (R1993)
Pernos, métricos de cabeza redonda, cuello cuadrado corto, ANSI/ASME B18.2.2.1M-1981 (R1995)
Sujetadores mecánicos, glosario de términos, ANSI B18.12-1962 (R1995)
Tornillos, avance roscado y metálico, serie en pulgadas, formación y corte de rosca, ANSI B18.6.4-1981 (R1991)
Tornillos, brida hex métrica, ANSI/ASME B18.2.3.4M-1984 (R1995)
Tornillos de máquina con cabeza hendida y ranurada y tuercas para tornillos de máquina, ANSI B18.6.3-1972 (R1991)
Tornillos de máquina métricos, ANSI/ASME B18.6.7M-1985 (R1993)
Tornillos de sujeción con cabeza hueca hexagonal, serie métrica, ANSI/ASME B18.3.6M-1986 (R1993)
Tornillos de tope con cabeza hueca hexagonal, serie métrica, ANSI/ASME B18.3.3M-1986 (R1993)
Tornillos, hex formados métricos, ANSI/ASME B18.2.3.2M-1979 (R1995)
Tornillos, hex pesados métricos, ANSI/ASME B18.2.3.3M-1979 (R1995)
Tornillos miniatura, ANSI B18.11-1961 (R1992)

Tornillos para madera, serie en pulgadas, ANSI B18.6.1-1981 (R1991)
Tornillos, pija hex métrica, ANSI B18.2.3.8M-1981 (R1991)
Tornillos prisioneros con cabeza avellanada plana hueca (serie métrica), ANSI/ASME B18.3.5M-1986 (R1993)
Tornillos prisioneros con cabeza de botón hueca hexagonal, serie métrica, ANSI/ASME B18.3.4M-1986 (R1993)
Tornillos prisioneros con cabeza ranurada, tornillos de sujeción con cabeza cuadrada y tornillos de sujeción ranurados sin cabeza, ANSI/ASME B18.6.2-1995
Tornillos prisioneros de cabeza hueca, serie métrica, ANSI/ASME B18.3.1M-1986 (R1993)
Tornillos prisioneros huecos, tornillos de tope y tornillos de sujeción (serie en pulgadas), ANSI/ASME B18.3-1986 (R1995)
Tornillos prisioneros hex métricos, ANSI/ASME B18.2.3.1M-1979 (R1995)
Tuercas, brida hex métrica, ANSI B18.2.4.4M-1982 (R1993)
Tuercas cuadradas y hex (serie en pulgadas), ANSI/ASME B18.2.2-1987 (R1993)
Tuercas hex, estilo 1, métricas, ANSI/ASME B18.2.4.1M-1979 (R1995)
Tuercas hex, estilo 2, métricas, ANSI/ASME B18.2.4.2M-1979 (R1995)
Tuercas hex, pesadas, métricas, ANSI B18.2.4.6M-1979 (R1990)
Tuercas hex, ranuradas, métricas, ANSI/ASME B18.2.4.3M-1979 (R1995)

Remaches

Remaches grandes (Diámetro nominal de $\frac{1}{2}$ pulgada y más grandes), ANSI/ASME B18.1.2-1972 (R1995)
Remaches sólidos pequeños (Diámetro nominal de 7/16 y más pequeños), ANSI/ASME B18.1.1-1972 (R1995)
Remaches sólidos pequeños, métricos, ANSI/ASME B18.1.3M-1983 (R1995)

Herramientas pequeñas y elementos de herramienta para maquinaria

Ahusamientos de máquina, ANSI/ASME B5.10-1994
Boquillas de guía, ANSI B94.33-1974 (R1994)
Brocas giratorias, ANSI/ASME B94.11M-1993
Cortadores de fresa y fresado final, ANSI/ASME B94.19-1985
Escariadores, ANSI/ASME B94.2-1995
Ranuras-T —Sus pernos, tuercas y lengüetas, ANSI/ASME B5.1M-1985 (R1992)

Roscas

Nomenclatura, definiciones y símbolos de letra para roscas de tornillo, ANSI/ASME B1.7M-1984 (R1992)
Rosca de ajuste de interferencia clase 5, ANSI/ASME B1.12-1987 (R1992)
Roscas ACME de tachón, ANSI/ASME B1.8-1998 (R1994)
Roscas de tornillo ACME, ANSI/ASME B1.5-1988 (R1994)
Roscas de tornillo de contrafuerte en pulgadas, ANSI B1.9-1973 (R1992)
Roscas de tornillo métricas —Perfil M, ANSI/ASME B1.13M-1995
Roscas de tornillo métricas —Perfil MJ, ANSI/ASME B1.21M-1978
Roscas de tornillo miniatura unificadas, ANSI B1.10-1958 (R1988)
Roscas de tornillo para acople de caños, ANSI/ASME B1.20.7-1991
Roscas de tornillo unificadas (Forma de rosca UN y UNR), ANSI/ASME B1.1-1989
Roscas de tubo sellado en seco (pulgadas), ANSI B1.20.3-1976 (R1991)
Roscas de tubos, propósito general (pulgadas), ANSI/ASME B1.20.1-1983 (R1992)

Símbolos gráficos

Designaciones de referencia para partes eléctricas y electrónicas y equipamiento, ANSI/IEEE 200-1975 (R1989)
Símbolos de instrumentación e identificación, ANSI/ISA S5.1-1984 (R1992)
Símbolos gráficos para ajustes de tubería, válvulas y tubos, ANSI/ASME Y32.2.3-1949 (R1994)
Símbolos gráficos para aparatos activados por calor, ANSI Y32.2.6M-1950 (R1993)
Símbolos gráficos para cableado eléctrico y diagramas de distribución usados en arquitectura y construcción, ANSI Y32.9-1972 (R1989)
Símbolos gráficos para calefacción, ventilación y aire acondicionado, ANSI Y32.2.4-1949 (R1993)
Símbolos gráficos para diagramas de flujo de energía, ANSI/ASME Y32.10-1967 (R1994)
Símbolos gráficos para diagramas de flujo de proceso en las industrias petrolera y química, ANSI Y32.11-1961 (R1993)
Símbolos gráficos para diagramas eléctricos y electrónicos, ANSI/IEEE 315-1975 (R1994)
Símbolos gráficos para dispositivos de plomería para diagramas usados en arquitectura y construcción, ANSI/ASME Y32.4-1977 (R1994)
Símbolos gráficos para funciones lógicas, ANSI/IEEE 91-1984
Símbolos gráficos para mapas y perfiles de caminos, ANSI/ASME Y32.7-1972 (R1994)
Símbolos gráficos para referencia y ubicación utilizado en sistemas de televisión por cable, ANSI/IEEE 623-1976 (R1989)
Símbolos para elementos mecánicos y acústicos como se utilizan en diagramas esquemáticos, ANSI Y32 18-1972 (R1993)
Símbolos para soldadura, soldadura con latón y examinación no destructiva, ANSI/AWS A2.4-93
Símbolos públicos de seguridad contra fuego, ANSI/NFPA 170-1994

Tuberías

Ajustes roscados de bronce fundido, clase 125 y 250 ANSI/ASME B16.15-1985 (R1994)
Ajustes roscados de hierro gris, ANSI/ASME B16.4-1992
Ajustes roscados de hierro maleable, ANSI/ASME B16.3-1992
Ajustes soldados a tope de acero forjado de fábrica, ANSI/ASME B16.9-1993
Bridas de tubería y ajustes bridados, ANSI/ASME B16.5-1998
Bridas y ajustes bridados para tubos de aleación de cobre fundido, ANSI/ASME B16.24-1991
Bridas y ajustes bridados para tubos de hierro fundido, clases 25, 125, 250 y 800, ANSI/ASME B16.1-1989
Conexiones de tubería ferrosa, boquillas, y tuercas de fijación con roscas de tubo, ANSI/ASME B16.14-1991
Tubería de acero inoxidable, ANSI/ASME B36.19M-1985 (R1994)
Tubería de hierro dúctil bridada con bridas roscadas, ANSI/AWWA C115/A21.15-94
Tubo de hierro dúctil, fundido centrífugamente, ANSI/AWWA C151/A21.51-91

Tubos de acero forjado sin costuras y soldados, ANSI/ASME B36.10M-1995

Misceláneos

Dibujos técnicos, manual de ISO, 12-1991

Equivalentes métricos preferidos de los tamaños en pulgadas para productos de metal tubular diferentes a la tubería, ANSI/ASME B32.6M-1984 (R1994)

Grosor preferido para metales planos delgados sin recubrimiento (menor a 0.250 pulg.) ANSI B32.1-1952 (R1994)

Moleteados, ANSI/ASME B94.6-1984 (R1995)

Tamaños métricos preferidos para productos de metal plano, ANSI/ASME B32.3M-1984 (R1994)

Tamaños métricos preferidos para productos de metal redondo, cuadrado, rectangular y hexagonal, ANSI B32.4M-1980 (R1994)

Tamaños métricos preferidos para productos de metal tubular diferentes a la tubería, ANSI B32.5-1977 (R1994)

Textura de superficie (Rugosidad, ondulaciones y distribución de superficie), ANSI/ASME B46.1-1995

2 Términos técnicos

"El principio de la sabiduría es llamar a las cosas por su nombre correcto"

—Proverbio chino

n indica un nombre o sustantivo; *v* indica un verbo; *adj*. indica un adjetivo

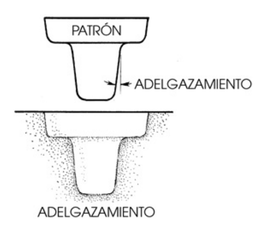
acerar (*v*) Endurecer la superficie exterior del hierro fundido mediante el enfriamiento rápido, como en un molde de metal.

acero laminado en frío (ALF) (*n*) Acero a corazón abierto o Bessemer que contiene de 0.12 % a 0.20 % de carbón y que ha sido laminado mientras se encontraba frío para obtener un producto suave y bastante preciso.

acme (*n*) Forma de rosca de tornillo.

acuñar (*v*) Formar una pieza en una sola operación de estampado.

adelgazamiento (*n*) La forma ahusada de las partes de un patrón que permiten que éste sea fácilmente retirado de la arena o, en un forjado, para permitir que sea fácilmente retirado de los dados.



afinar (*v*) Producir un terminado muy preciso mediante el contacto deslizante con una pieza de madera, piel o metal blando impregnado con polvo abrasivo.

ahuecar (*v*) Cortar una muesca circular en la superficie plana en el extremo de un orificio.

ahusamiento (*n*) Forma cónica dada a un eje o un orificio. También se refiere a la pendiente de una superficie plana.

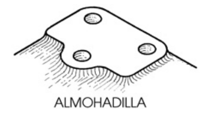
ajuste (*n*) Grado de precisión u holgura en la intersección de dos partes acopladas, como un *ajuste holgado*, un *ajuste cómodo* o un *ajuste apretado.*

aleación (*n*) Combinación de dos o más metales; generalmente, un metal fino con un metal más básico.

aleta (*n*) Extrusión delgada de metal en la intersección de dados o moldes de arena.

alisar (*v*) Eliminar material por medio del *alisador*.

almohadilla (*n*) Proyección delgada que, por lo general, tiene como objetivo proporcionar una superficie de apoyo alrededor de uno o más orificios.



aluminio (n) Metal ligero pero relativamente fuerte. Con frecuencia se alea con cobre para aumentar su dureza y resistencia.

AM (n) Acero maquinado, algunas veces llamado *acero dulce* con un pequeño porcentaje de carbón. No puede endurecerse.

ángulo de hierro (n) Forma estructural cuya sección es un ángulo recto.

aplanar (v) Empalmar una superficie a una hoja de metal al golpearla con un martillo de superficie suave.

arandela (n) Pieza delgada de plástico, metal o algún otro material, colocado entre superficies para hacer una unión más ajustada.

atemperar (v) Recalentar acero endurecido para llevarlo a un grado deseado de dureza.

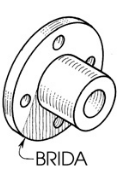
avellanar (v) Ensanchar un extremo de un hueco en forma cónica, por lo general con un avellanador.



bañar (*v*) Limpiar piezas forjadas o fundidas en ácido sulfúrico diluido.

bisel (*n*) Borde inclinado en un ángulo distinto al recto respecto a la superficie de unión.

brida (*n*) Anillo relativamente delgado dispuesto alrededor de una pieza.



Brinell (*n*) Método para probar la dureza del metal.

broca centradora (*n*) Broca especial que produce orificios para chumaceras en los extremos de una pieza que debe montarse entre los centros. También es conocida como la combinación de broca y avellanadora.



broca en espiral (*n*) Broca que se usa en una prensa taladradora.

bronce (*n*) Una aleación de ocho o nueve partes de cobre y una parte de estaño.

bruñir (*v*) Dar terminado o pulir por presión con una herramienta giratoria o de deslizamiento suave.

cabeza (*n*) Distancia radial desde el círculo primitivo hasta la parte superior del engranaje.

caja de moldear (*n*) Caja hecha con dos o más partes para contener la arena en una moldeadora de arena.

cajera (*n*) Ranura o rebajo en un eje para acoger una llave


CAJERA

caldear (*v*) Unificar piezas de metal por presión o mediante procesos de soldadura por fusión.

calibrador (*n*) Instrumento (de varios tipos) para medir diámetros.

calza (*n*) Pieza delgada de metal u otros materiales usada como espaciador al ajustar dos partes.

cara (*n*) La parte media de una caja de moldear de tres piezas.

carburizar (*v*) Calentar una pieza de acero bajo en carbón a una temperatura aproximada de 2,000°F, en contacto con un material que agrega carbón a la superficie de la pieza, y enfriarla con lentitud en preparación para su tratamiento al calor.

cementar (*v*) Endurecer la superficie exterior de una pieza de acero carburizada mediante su calentamiento y enfriamiento posterior.

cepillar (*v*) Eliminar material por medio de un cortador giratorio en una máquina cepilladora.

cianurar (*v*) Endurecer la superficie del acero por calentamiento en contacto con una sal de cianuro, seguido por enfriamiento.

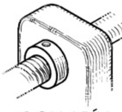
cincelar (*v*) Cortar metal en frío con un cincel.

círculo de pernos (*n*) En un dibujo, es una línea central circular que contiene los centros de los orificios alrededor de un centro común.

círculo primitivo (*n*) Círculo imaginario que corresponde a la circunferencia de la polea de fricción a partir de la cual se deriva el engranaje recto.

cojinete (*n*) Manga o camisa reemplazable para una chumacera.

collarín (*n*) Brida redonda o anillo ajustado a un eje para impedir el deslizamiento.

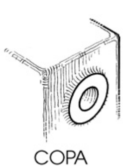

COLLARÍN

conducto (*n*) Orificio en la arena que conduce a la *puerta,* la cual conduce al molde. A través del conducto entra el metal.

contrataladrar (*v*) Ensanchar un extremo de un hueco en forma cilíndrica con un *contrataladro*.


CONTRATALADRO

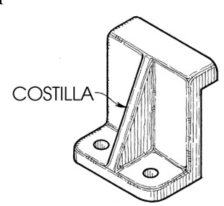
copa (*n*) Una proyección cilíndrica en una pieza fundida o forjada.


COPA

corona (*n*) Contorno saliente, como en la superficie de una polea.

corte (*n*) La parte superior de una caja de moldear.

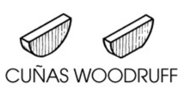
costilla (*n*) Elemento relativamente delgado y plano que actúa como puntal o soporte.



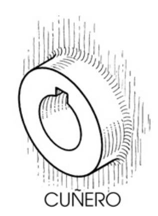
cremallera (*n*) Barra plana con dientes en línea recta que sirven para acoplarse a los dientes de un engrane.

cuña paralela (*n*) Cuña plana una de cuyas porciones está incrustada en un eje y otra de ellas en un cubo; esto permite que el cubo se deslice a lo largo del eje.

cuña Woodruff (*n*) Cuña plana semicircular.


CUÑAS WOODRUFF

cuñero (*n*) Ranura en un cubo o la parte que rodea a un eje para recibir una cuña.


CUÑERO

chaflán (*n*) Superficie angosta inclinada a lo largo de la intersección de dos superficies.


CHAFLÁN

chumacera (*n*) Elemento de apoyo para un eje giratorio.

desarrollo (*n*) Dibujo de la superficie de un objeto desdoblado o extendido en un plano.

encastillar (*v*) Formar un castillo, como una tuerca encastillada o eje almenado.

endurecer (*v*) Calentar acero por encima de una temperatura crítica para después enfriarlo en agua o aceite.

enfriar (*v*) Sumergir una pieza de metal calentada en agua o aceite para endurecerla.

engrosar (*v*) Formar una cabeza o extremo ensanchado en una barra o varilla por presión o mediante martillado entre dados.

escariador (*n*) Herramienta de corte larga que tiene una serie de dientes que aumentan su tamaño en forma gradual. Se in-

troduce a través de un orificio o se desliza sobre una superficie para producir una forma deseada.

escariador ahusado (*n*) Escariador afilado para producir orificios afilados exactos, como para un pasador ahusado.

escleroscopio (*n*) Instrumento para medir la dureza de los metales.

esherardizar (*v*) Galvanizar una pieza con un baño de zinc al calentarlo en un tambor con polvo de zinc, a una temperatura de 575°F (302°C) a 850°F (454°C).

esmerilar (*v*) Eliminar metal por medio de una rueda abrasiva, con frecuencia hecha de carborundo. Se usa sobre todo donde se requiere exactitud.

espiga (*n*) Perno cilíndrico usado comúnmente para evitar el deslizamiento entre dos superficies planas en contacto.



estampado a troquel (*n*) Proceso de cortar o formar una pieza de hoja de metal con una hembra de tarraja.

estaño (*n*) Metal plateado que se emplea para hacer aleaciones y cubrir otros metales, como en el caso de las placas estañadas.

estirar (*v*) Extender o realizar otra acción para deformar un metal.

estría (*n*) Ranura, como la de los barrenos en espiral, escariadores y machos de tarraja.

estriar (*v*) Imprimir un patrón de dientes en una superficie con una herramienta estriadora para producir un mejor agarre.

FAO (*v*) Terminar por completo (*Finish All Over*).

filete (*n*) Intersección interior redondeada entre dos superficies.

forjado a troquel (*v*) Formar una pieza mientras está caliente entre los dados de un martinete o con una gran presión.

forjar (*v*) Forzar un metal a tomar una forma deseada mediante el martillado o la presión.

formar (v) Eliminar metal de una pieza con un *formador*.

formar con núcleo (*v*) Formar una parte de un hueco en una fundición al utilizar un núcleo de arena seca o un núcleo de arena verde en un molde.

fortalecer (*v*) *Carburizar* y después *cementar*

fraguar (*v*) Templar un metal.

fresar (*v*) Dar terminado a una superficie en ángulos rectos, o casi rectos, respecto a la línea central de rotación de un torno.

fresar para tuercas (*v*) Producir una *marca* redonda o la superficie de una chumacera alrededor de un orificio, por lo general con una *fresadora de puntos*. La *marca* puede estar en la parte superior de una copa o puede estar hundida en la superficie.



fundición (*n*) Objeto de metal producido mediante el vaciado de metal derretido en un molde.

fundición a troquel (*n*) Proceso de forzar metal fundido bajo presión en dados de metal o moldes, lo que produce una fundición muy precisa y suave.

fundición de acero (*n*) Igual que la fundición de hierro, excepto por que en el horno se agregan fragmentos de acero a la fundición.

fundición maleable (*n*) Fundición que ha sido hecha menos frágil y más tenaz mediante el proceso de templado.

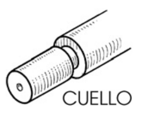
galvanizar (*v*) Cubrir una superficie con una capa delgada de una aleación fundida, compuesta principalmente de zinc, para evitar la oxidación.

gatillo (*n*) Pequeña abrazadera auxiliar para evitar que el trabajo gire en relación con la base de un torno.

girar (*v*) Moldear una pieza rotatoria de hoja de metal en la forma deseada al presionarla con una herramienta suave contra un elemento giratorio.

graduar (*v*) Establecer divisiones exactas en una escala o cuadrante.

hacer cuello (*v*) Cortar una ranura alrededor de una pieza cilíndrica.



hembra de tarraja (*n*) Pieza de metal endurecido trabajada para cortar o dar una forma requerida en una hoja de metal al presionarla contra una tarraja aparejada. (2) También se usa para cortar pequeñas roscas machas. Es opuesta a un macho de tarraja.

hierro forjado (*n*) Hierro con bajo contenido de carbón, útil por su tenacidad, ductilidad y maleabilidad.

hierro fundido (*n*) Hierro derretido y vaciado en moldes.

horadar (*v*) Agrandar un orificio con un taladro.

hueco (*n*) Distancia desde el círculo primitivo hasta la parte inferior del espacio dentado.

impresión de núcleo (*n*) Proyección en un patrón que forma una apertura en la arena para contener el extremo de un núcleo.

intercambiable (*adj.*) Se refiere a una parte hecha para dimensiones límite de forma que se ajuste a cualquier parte adecuada que se haya fabricado en forma similar.

latón (*n*) Aleación de cobre y zinc.

leva (*n*) Elemento giratorio para transformar un movimiento circular a su movimiento recíproco.

limar (*v*) Dar terminado o suavizar con una lima.

llave (*n*) Pequeña pieza de metal incrustada parcialmente tanto en un eje como en un cubo para evitar la rotación.

marco (*n*) Parte inferior de una caja de moldear.

martillar (*v*) Golpear una forma con un martillo de bola.

metal babbitt (*n*) Aleación suave para chumaceras formada en su mayor parte de estaño con pequeñas cantidades de cobre y antimonio.

molde (*n*) Masa de arena u otro material que forma la cavidad en la cual se vacía el metal fundido.

muesca (*n*) Ranura o corte hecho por una sierra.



muesca de guía (*n*) Corte rebajado o un corte que tiene lados con pendiente hacia adentro.



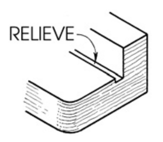
muñón (*n*) Parte de un eje giratorio soportado por una chumacera.
normalizar (*v*) Calentar el acero por encima de su temperatura crítica para después enfriarlo en aire.
paleta (*n*) Una parte plana y delgada que une piezas más grandes. También conocida como *costilla*.
pasador ahusado (*n*) Un pequeño pasador afilado usado como aseguramiento, por lo general para evitar que un collarín o cubo gire sobre un eje.


PASADOR AHUSADO

pasador hendido (*n*) Pasador plano usado como asegurador, por lo general para evitar que una tuerca se desenrosque.
paso diametral (*n*) Número de engranes por pulgada del diámetro de avance.
patrón (*n*) Modelo, por lo general de madera, utilizado en la formación de un molde para una fundición. En trabajos en hoja de metal un patrón es llamado un *desarrollo*.
perfilar (*v*) Cortar cualquier diseño (perfil) deseado mediante el movimiento de un pequeño cortador giratorio, por lo general con la guía de una plantilla maestra.
perforar (*v*) Cortar una abertura con la forma deseada mediante una herramienta rígida de la misma forma, al presionar la herramienta sobre el trabajo.
pigmentar (*v*) Lo mismo que *cementar*, excepto que se hace a una menor profundidad y por lo general sólo por apariencia.
piñón (*n*) El más pequeño de dos engranes acoplados.
planchar (*v*) Recubrir una pieza de metal con otro metal, como cromo o níquel, por métodos electromecánicos.
plantilla (*n*) Dispositivo empleado *para guiar una herramienta* al cortar una pieza. Por lo general mantiene el trabajo en posición. Guía o patrón que se emplea para marcar el trabajo, guiar la herramienta y cortar, o para revisar el producto terminado.
portabroca (*n*) Mecanismo para asir una herramienta o pieza rotatoria.
prensa taladradora (*n*) Máquina para taladrar y realizar otras operaciones en las que se forman orificios.
puerta (*n*) La abertura de un molde de arena dispuesta en la parte inferior del *conducto* a través del cual pasa el metal fundido para entrar a la cavidad o molde.
pulimentar (*v*) Dar terminado o pulir en una rueda pulimentadora compuesta de tela recubierta con polvo abrasivo.
pulir (*v*) Producir una superficie muy terminada o pulida mediante fricción, con el uso de un abrasivo muy fino.
ranurado (*n*) Un cuñero, por lo general formado por una serie de cortes alrededor de un eje u orificio.


ORIFICIO RANURADO

ranurar (*v*) Cortar muescas con una herramienta para corte externo.
raspar (*v*) Eliminar metal al rascar con un raspador; por lo general, esta acción se lleva a cabo para ajustar una chumacera.
rebaba (*n*) Borde mellado de un metal que se produce por un corte o una perforación. Fragmento de materia sobrante que sobresale irregularmente en los bordes o la superficie de un objeto cortado o perforado.
reborde (*n*) Lo mismo que *aleta*.
recalcar (*v*) Dar forma al metal mediante martilleo y sujetando la pieza sobre una *calca*, o dado, el cual se ajusta en un orificio en el *bloque de estampar* o yunque.
recortar (*v*) Cortar metal por medio dos hojas en contacto deslizante.
redondo (*n*) Intersección exterior redondeada de dos superficies.
relieve (*n*) Un rebajo de superficies para proporcionar espacio para maquinar.



remachar (*v*) Conectar con remaches o apretar en el extremo de un perno por medio de martillado.
rimar (*v*) Agrandar un poco un orificio con una *rima* para darle mayor exactitud.
roscar a macho (*v*) Cortar roscas internas relativamente pequeñas con un macho de tarraja.
SAE (*n*) Sociedad de Ingenieros Automotrices (*Society of Automobile Engineers*).
soldar (*v*) Unir con soldadura, por lo general compuesta de plomo y estaño.
soldar en fuerte (*v*) Soldar con una soldadura fuerte de latón o zinc.
soldar por arco (*v*) Soldar mediante un arco eléctrico. Por lo general, el trabajo se realiza en la terminal positiva.
sopletear con arena (sandblast)(*v*) Soplar arena a alta velocidad con aire comprimido sobre piezas fundidas o forjadas para limpiarlas.
sujetadora (*n*) Dispositivo especial para asir el trabajo en una herramienta o máquina, *pero no para guiar la herramienta de corte*.
taladrar (*v*) Cortar un orificio cilíndrico con un taladro. Un *hoyo ciego* no atraviesa la pieza.
templar (*v*) Calentar y enfriar en forma gradual, para reducir la fragilidad e incrementar la ductilidad.
tolerancia (*n*) Cantidad total de variación permitida en las dimensiones límite de una parte. Espacio libre mínimo entre partes aparejadas.
tope (*n*) Proyección irregular de metal, pero no redonda como en el caso de una *copa*; por lo general, tiene un orificio para recibir un perno o tornillo.
tornear (*v*) Producir, en un torno, una superficie cilíndrica paralela a la línea central.
tornillo allen (*n*) Tornillo de presión o prisionero con una boquilla hexagonal en la cabeza.
torno (*n*) Máquina utilizada para darle forma al metal u otros materiales mediante su rotación contra una herramienta.
tratar térmicamente (*v*) Cambiar las propiedades de los metales al calentarlos y después enfriarlos.
tumbar (*v*) Limpiar piezas fundidas o forjadas en un tambor revolvente llenado con fragmentos de metal.
zunchar (*v*) Unir metal por medio del uso de soldadura entre las piezas y mediante la aplicación de calor y presión.

3 GLOSARIO DE CAD/CAM*

acceso directo (vínculación) Recuperación o almacenamiento de datos en el sistema con referencia a su ubicación en una cinta, disco o cartucho, sin la necesidad de procesarlos en un CPU.

actualización (o actualización de vectores) Tecnología de despliegue de CAD que involucra la acción de redibujar una imagen desplegada en el CRT para mantenerla brillante, concisa y clara. La actualización permite un alto grado de movimiento en la imagen desplegada así como una alta resolución. La eliminación y edición selectivas son posibles en cualquier momento sin necesidad de borrar y volver a dibujar toda la imagen. Aunque se emplean cantidades sustanciales de memoria de alta velocidad, las imágenes complejas pueden parpadear.

agrandamiento Ayuda para el diseño y la edición en CAD que permite al diseñador expandir en forma automática una entidad desplegada más allá de sus dimensiones originales.

alfanumérico Término aplicado a letras, dígitos y caracteres especiales que pueden procesarse en máquinas.

almacenamiento Depósito físico de toda la información relativa a productos diseñados en un sistema CAD/CAM. Por lo general toma la forma de una cinta magnética o disco.

almacenamiento auxiliar Almacenamiento que complementa los dispositivos de almacenamiento principal como el disco duro.

almacenamiento de archivo Se refiere a la memoria (en cinta magnética, discos, impresiones o tambores) usada para almacenar datos de diseños completos o elementos fuera de la memoria principal.

almacenamiento de trabajo La parte del almacenamiento interno del sistema reservado para resultados intermedios (es decir, mientras un programa de computadora aún está en progreso). También llamado *almacenamiento temporal*.

almacenamiento masivo Almacenamiento de gran capacidad (disco magnético o cinta, generalmente) para guardar grandes cantidades de datos con un acceso fácil y rápido desde la computadora.

almacenamiento permanente Método o dispositivo para almacenar los resultados de un programa compilado fuera del CPU; por lo general, en una cinta magnética o tarjetas perforadas.

almacenamiento temporal Ubicaciones de memoria para almacenar resultados inmediatos y parciales obtenidos durante la ejecución de un programa en el sistema.

analógico Aplicado a sistemas eléctricos o de computación, este calificativo expresa la capacidad de representar datos en cantidades físicas que varían de manera continua.

anotación Proceso de insertar un texto, una nota especial o algún tipo de marca en un dibujo, plano o diagrama elaborado en un sistema CAD/CAM. El texto puede generarse y colocarse sobre el dibujo por medio del sistema.

archivo Colección de información relacionada en el sistema a la cual se puede tener acceso mediante un nombre único. Puede almacenarse en un disco, cinta u otros medios de almacenamiento masivo.

archivo clave Archivo de disco que proporciona definiciones del usuario para un menú de tableta. Vea *menú*.

archivo de texto Archivo almacenado en el sistema que contiene texto exclusivamente.

arreglar Crear de manera automática un conjunto de elementos o componentes idénticos en un sistema CAD: el diseñador define el elemento una vez, y después indica la ubicación inicial y el espaciado para la generación automática del arreglo. Un arreglo es un conjunto creado de la manera anterior; es decir, una serie de elementos o grupos de elementos que siguen un patrón (como, por ejemplo, una matriz).

arreglo rectangular Inserción de la misma entidad que se encuentra en ubicaciones múltiples en un CRT mediante el uso de la capacidad del sistema de copiar elementos de diseño y colocarlos a intervalos especificados por el usuario para crear una disposición rectangular en forma de matriz. Una característica de los sistemas de diseño de tarjetas de circuitos impresos e IC.

ASCII Vea *Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información.*

atributo Característica no gráfica de una parte, componente o entidad que se diseña en un sistema CAD. Como ejemplos se pueden mencionar: entidades de dimensión asociadas con la geometría, texto con nodos y líneas nodales con nodos de conexión. Si se cambia una entidad con una asociación, el sistema puede producir cambios automáticos en la entidad asociada; por ejemplo, al mover una entidad puede ocasionarse el movimiento o estiramiento de otra entidad.

aviso Mensaje o símbolo generado de manera automática por el sistema, que aparece en el CRT, para informar al usuario de *a*) un error de procedimiento o entrada incorrecta al programa que se está ejecutando o *b*) la siguiente acción, opción o entrada esperada. Vea también *tutorial*.

base de datos Colección comprensible de información interrelacionada que se guarda en algún tipo de dispositivo de almacenamiento masivo de datos, comúnmente un disco. Por lo general consiste en cierto número de registros de tipo y formato fijos organizados con vínculos (ligas lógicas) que los asocian entre sí. De manera típica incluye instrucciones del sistema operativo, bibliotecas de partes estándar, diseños terminados, documentación completa, código fuente, programas gráficos y de aplicación, así como tareas del usuario que se encuentran en progreso.

biblioteca de gráficos (o de partes) Colección de símbolos, componentes, formas o partes estándar usados frecuentemente y que están almacenadas en la base de datos CAD como plantillas o bloques de construcción para acelerar el trabajo de diseño futuro en el sistema. Por lo general es una organización de archivos bajo un nombre común de biblioteca.

bit La unidad de información más pequeña que puede ser almacenada y procesada por una computadora digital. Un bit puede asumir sólo uno de dos valores: 0 o 1 (encendido/apagado o sí/no). Los bits se organizan en unidades más grandes llamadas palabras (*words*) para su acceso mediante instrucciones de computadora.

Con frecuencia, las computadoras se ordenan en categorías por su tamaño de palabra en bits, es decir, el tamaño de palabra máximo que puede ser procesado como una unidad durante un ciclo de instrucción (por ejemplo, computadoras de 16 bits o computadoras de 32 bits). El número de bits en una palabra es una indicación de la potencia de procesamiento del sistema, en especial para cálculos o para datos de alta precisión.

**Extraído de* The CAD/CAM Glossary, 1983 edition, *publicado por the Computervision Corporation, Bedford, MA 01730; reproducido con el permiso del editor.*

bits por pulgada (bpi por bits per inch) Número de bits que puede almacenarse en cada pulgada de cinta magnética. Es una medida de la capacidad de almacenamiento de una cinta magnética.

B-spline Secuencia de curvas polinomiales paramétricas (polinomios cúbicos o cuadráticos generalmente) que forman un ajuste suave entre una secuencia de puntos en el espacio tridimensional. La curva definida por partes mantiene un nivel de continuidad matemática que depende del grado del polinomio seleccionado. Se usa de manera extensa en las industrias automotriz y aeroespacial.

byte Secuencia de bits adyacentes, por lo general 8, que representan un caracter que se considera como una unidad. Casi siempre es más corto que una palabra. Es una medida de la capacidad de memoria de un sistema, o de una unidad de almacenamiento individual (por ejemplo, un disco de 300 millones de bytes).

CAD Vea *diseño asistido por computadora.*

CAD/CAM Vea *diseño asistido por computadora/manufactura asistida por computadora.*

cadena Secuencia lineal de entidades, como caracteres o elementos físicos, en un diseño asistido por computadora.

CAE Vea *ingeniería asistida por computadora.*

CAM Vea *manufactura asistida por computadora.*

capas Subdivisiones lógicas de datos definidas por el usuario en una base de datos CAD/CAM que pueden verse en el CRT de manera individual o se pueden traslapar para ser vistas en grupos.

carácter Símbolo gráfico alfabético, numérico o especial usado como parte de la organización, control o representación de datos de CAD/CAM.

caracteres por segundo (cps) Medida de la velocidad a la que una terminal alfanumérica puede procesar datos.

cero El origen de todas las dimensiones coordenadas, definido en un sistema absoluto como la intersección de las líneas de base en los ejes x, y y z.

chip Vea *circuito integrado.*

ciclo Secuencia prestablecida de eventos (hardware o software) iniciada por un solo comando.

cinemática Proceso de ingeniería asistida por computadora (CAE) para graficar o animar el movimiento de las partes en una máquina o estructura bajo diseño en el sistema. Los programas de simulación de CAE permiten el movimiento de mecanismos que se estudian para conocer interferencias o aceleración y para determinar fuerzas cuando aún se está en la etapa de diseño.

cinta magnética Cinta con una superficie magnética en la cual se puede almacenar información por la polarización selectiva de sus partes. Por lo general se usa en CAD/CAM para el almacenamiento externo de archivos de diseños completos y otros materiales de archivo.

circuito integrado (IC, integrated circuit) Pequeño conjunto de componentes electrónicos e interconexiones integrados en un circuito cuya complejidad funcional va desde una simple compuerta lógica hasta un microprocesador completo. Por lo general, un IC está empacado en un solo substrato, tal como una oblea de silicio. La complejidad de la mayoría de los diseños de IC y los múltiples elementos repetitivos han convertido al diseño asistido por computadora en una necesidad económica. También se le conoce como *chip*.

código Conjunto de símbolos específicos y reglas de representación de datos (por lo general instrucciones) de forma que los datos puedan ser entendidos y ejecutados por una computadora. Un código puede ser en lenguaje binario (lenguaje de máquina), lenguaje ensamblador o un lenguaje de alto nivel. Con frecuencia se refiere a un código estándar en la industria como ANSI, ASCII, IPC u otros.

Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información (ASCII: *American Standard Code for Information Interchange*). Un código estándar a nivel de la industria usado para el intercambio de información entre sistemas de procesamiento de datos, sistemas de comunicación y equipo asociado.

código fuente Archivo de texto escrito en un lenguaje de alto nivel que contiene un programa de computadora. Puede leerse y entenderse con facilidad pero debe compilarse o ensamblarse para generar instrucciones reconocibles para la máquina. Vea también *lenguaje de alto nivel*.

comando Señal de control o instrucción a un CPU o procesador de gráficos, casi siempre iniciada por medio de un menú, una combinación tableta/pluma electrónica o mediante un teclado alfanumérico.

compatibilidad Capacidad de un módulo de hardware, programa de software, código o lenguaje para ser usado en un sistema CAD/CAM sin modificación previa o interfaces especiales. La *compatibilidad ascendente* expresa la capacidad de un sistema de operar con módulos de hardware o software nuevos o modificados, gracias a que el proveedor proporciona el medio para transferir datos, programas y tareas del operador del sistema actual a una nueva versión.

compensación de cero En una unidad de CN, esta característica permite que el punto cero de un eje pueda relocalizarse en cualquier parte dentro de un rango especificado, para así redefinir el marco de referencia coordenado.

compilador Programa que convierte o traduce un programa escrito por el usuario en un lenguaje de alto nivel (por ejemplo, en PASCAL, COBOL, VARPRO o FORTRAN), conocido como *código fuente*, en código que la computadora entiende. Por lo general, la conversión es de uno a muchos (es decir, de una instrucción del usuario a muchas instrucciones ejecutables por la máquina). El compilador permite que el diseñador escriba programas en un lenguaje parecido al inglés con relativamente pocos enunciados, lo que ahorra tiempo en el desarrollo del programa.

componente Entidad física o el símbolo usado en CAD para expresar tal entidad. Dependiendo de la aplicación, un componente puede referirse a un circuito integrado o una parte de un circuito cableado (por ejemplo, un resistor); a una válvula, un codo o una “v” de una configuración de planta; o a una subestación o cable de un plano de instalaciones. También se aplica a un subensamble o parte que pertenece a ensambles de nivel más alto.

componentes discretos Componentes con una sola capacidad funcional por paquete; por ejemplo, transistores y diodos.

comunicación de datos Transmisión de datos, generalmente digitales, desde un punto (como una estación de trabajo CAD-/CAM o CPU) hasta otro a través de canales de comunicación como líneas telefónicas.

conector Punto de terminación para una señal que entra o sale de una tarjeta de PC o un sistema de cables.

conexión o vinculación cableada (hard-wired) Técnica de conexión física de dos sistemas por medio de interconexiones de circuito fijas que transportan señales digitales.

configuración Combinación particular de los módulos de software y hardware de una computadora interconectados de determinada forma en una sola instalación para ejecutar ciertas aplicaciones.

conjunto de instrucciones (1) Todos los comandos a los que responderá una computadora CAD/CAM. (2) El repertorio de funciones que puede realizar la computadora.

control numérico (CN) Técnica para operar herramientas de maquinado o equipos similares mediante la cual el movimiento se desarrolla en respuesta a comandos codificados en forma numérica. Estos comandos pueden generarse por medio de un sistema CAD/CAM sobre cintas perforadas u otros medios de comunicación. También es el proceso implicado en la generación de datos o cintas necesarias para conducir una herramienta de maquinado durante la fabricación de una parte.

convención Metodología estandarizada o procedimiento aceptado para ejecutar un programa de computadora. En CAD, el término se refiere a una regla estándar o modo de ejecución adoptado para proporcionar consistencia. Por ejemplo, una convención de esquematización puede requerir que todas las dimensiones estén en unidades métricas.

CPU Vea *unidad central de procesamiento*.

CRT Vea *tubo de rayos catódicos*.

cursor Símbolo de rastreo visual, casi siempre un guión bajo o cruz, que indica la selección de una ubicación o entidad sobre la pantalla CRT. Un cursor de texto indica la entrada alfanumérica; un cursor de gráficos indica la siguiente entrada geométrica. El cursor es guiado por medio de una pluma electrónica o de luz, una palanca controladora (*joystick*), un teclado, etcétera, y sigue todos los movimientos del dispositivo de entrada.

curva de aprendizaje Concepto que proyecta la mejora esperada en la productividad del operador a través de un periodo dado. Por lo general se aplica en el primer año o año y medio de una nueva instalación de CAD/CAM como parte de un estudio de justificación de costos, o cuando se introducen nuevos operadores. Es una herramienta de administración aceptada para predecir los requerimientos de la fuerza de trabajo y evaluar los programas de capacitación.

dedicado Diseñado o destinado para una función o uso específicos. Por ejemplo, una estación de trabajo dedicada puede usarse de manera exclusiva para cálculos de ingeniería o para graficar.

densidad (1) Medida de la complejidad de un diseño electrónico. Por ejemplo, la densidad de un circuito integrado se puede medir por el número de compuertas o transistores por unidad de área o por el número de pulgadas cuadradas por componente. (2) Capacidad de almacenamiento de una cinta magnética. Una capacidad alta podría ser de 1600 bits/pulgada y una baja de 800 bits/pulgada.

dentadas Término de la jerga de CAD usado para hacer referencia a las líneas rectas o curvas que parecen una sierra dentada en la pantalla del CRT.

depurar Detectar, localizar y corregir cualquier imperfección en el software o hardware de un sistema.

desplazar Enrollar de manera automática, como en un carrete, un diseño o mensaje de texto en un CRT para permitir la vista secuencial de un mensaje o dibujo demasiado grande para ser desplegado de una sola vez en la pantalla. Los datos nuevos aparecen en el CRT en un borde conforme los otros datos desaparecen en el borde opuesto. Las gráficas pueden desplazarse hacia abajo, hacia arriba, a la izquierda y a la derecha.

destello Una ayuda para el diseño en CAD que hace que una entidad gráfica predefinida destelle sobre el CRT para atraer la atención del diseñador.

diagnóstico, programas de Programas de computadora diseñados para probar el estado de un sistema o sus componentes importantes, para detectar y aislar malos funcionamientos.

diagrama de cableado 1) Representación gráfica de los circuitos y elementos de dispositivo de un sistema eléctrico y sus aparatos asociados o de una parte funcionalmente definida de ellos. Un diagrama de cableado puede contener no sólo componentes del sistema de cableado, sino también información no gráfica como el número de cable, tamaño de cable, color, función, etiqueta del componente y número de terminal. 2) Ilustración de los elementos de dispositivo y su interconectividad tal como se distinguen en el arreglo físico. 3) Dibujo que muestra cómo conectar los componentes. Los diagramas de cableado pueden construirse, anotarse y documentarse en un sistema CAD.

digital Aplicado a un sistema eléctrico o de computadora, expresa la capacidad de representar datos en forma de dígitos.

digitalizador Dispositivo de entrada de CAD que consiste en una tableta de datos sobre la cual se monta el dibujo o diseño que debe digitalizarse en el sistema. El diseñador mueve un *puck* o una pluma electrónica hacia puntos seleccionados sobre el dibujo e introduce datos coordenados para líneas y formas con la simple presión del botón de digitalización con el *puck* o la pluma.

digitalizar (1) Convertir un dibujo a una forma digital (es decir, a ubicaciones en coordenadas) de manera que pueda introducirse en la base de datos para su procesamiento posterior. Un digitalizador, disponible con muchos sistemas CAD, implanta el proceso de conversión. Ésta es una de las formas primordiales de introducir dibujos existentes, gráficos crudos, líneas y formas en el sistema. (2) En Computervision significa especificar una ubicación en coordenadas o una entidad mediante el uso de una pluma electrónica u otro dispositivo, o el valor de una sola coordenada o un punto de una entidad generados mediante una operación de digitalización.

dimensionamiento asociativo Una capacidad del CAD que vincula entidades de dimensión con entidades geométricas que se desean dimensionar. Esto permite que el valor de una dimensión se actualice en forma automática cuando cambia la geometría.

dimensionamiento automático Una capacidad de CAD para calcular las dimensiones en un diseño o una sección desplegados y automáticamente colocar dimensiones, líneas dimensionales y flechas donde sean requeridas. En el caso del levantamiento de planos, esta herramienta etiqueta el elemento lineal con longitud y azimut.

dinámica (movimiento) Simulación de movimiento mediante el uso de software de CAD, con el fin de que el diseñador pueda ver en la pantalla representaciones tridimensionales de las partes de una pieza o mecanismo conforme éstas interactúan en forma dinámica. De esta forma, en un solo vistazo se puede detectar cualquier colisión o problema de interferencia.

dinámicas Capacidad de un sistema CAD para hacer acercamientos, girar y rotar.

directorio Espacio al que se le asigna un nombre en el disco u otro dispositivo de almacenamiento masivo, en el cual se almacenan los nombres de los archivos y alguna información resumida sobre éstos.

disco (almacenamiento) Dispositivo en el que se pueden almacenar grandes cantidades de información en la base de datos. Es sinónimo de *disco magnético de almacenamiento* o *disco magnético de memoria*.

disco magnético Placa circular con una superficie magnética en la cual se puede almacenar información por la magnetización selectiva de sus partes. Por lo general se utiliza para el almacenamiento de trabajo durante el diseño asistido por computadora. Vea también *disco*.

diseño asistido por computadora (CAD) Proceso que utiliza un sistema de computación para ayudar en la creación, modificación y despliegue de un diseño.

diseño asistido por computadora/manufactura asistida por computadora (CAD/CAM) Se refiere a la integración de las computadoras en el ciclo completo que va desde el diseño hasta la fabricación de un producto o planta.

diseño en espejo Ayuda de diseño CAD que crea, en forma automática, una imagen de espejo de una entidad gráfica en el CRT, al rotar la entidad o dibujo sobre su eje *x* o *y*.

dispositivo Módulo de hardware del sistema, externo al CPU y diseñado para realizar una función específica; CRT, graficadores, impresoras, unidades de disco duro, etcétera, son ejemplos de dispositivos. Vea también *periférico*.

dispositivo periférico Cualquier dispositivo, distinto a los módulos básicos del sistema, que proporciona entradas o salidas al CPU. Entre los más comunes se encuentran impresoras, teclados, graficadores, terminales de despliegue gráfico, lector-/perforador de cintas de papel, convertidores analógico-digital, discos y unidades de cinta.

dispositivos de entrada Una variedad de dispositivos (como tabletas de datos o teclados) que permiten al usuario comunicarse con el sistema CAD/CAM: seleccionar una función de entre muchas presentadas, introducir texto o datos numéricos, modificar la figura presentada en el CRT, elaborar un diseño, etcétera.

E/S Vea *entrada/salida*.

editar Modificar, refinar o actualizar un diseño emergente o texto en un sistema CAD. Esto puede hacerse de manera interactiva en línea.

editor de texto Programa del sistema operativo usado para crear y modificar archivos de texto en el sistema.

elemento Entidad de diseño básico en un diseño asistido por computadora; tiene una función lógica, posicional, eléctrica o mecánica identificable.

eliminación selectiva Característica de CAD para borrar partes de un despliegue sin afectar el resto ni tener que redibujar el despliegue completo en el CRT.

en línea Se refiere a los dispositivos periféricos conectados a, y bajo el control numérico de, la computadora del sistema, por lo que la interacción, retroalimentación y salida entre el operador y el sistema se dan en tiempo real.

enlace de comunicación El medio físico, como una línea telefónica, para conectar un módulo o periférico del sistema a otro elemento en una ubicación diferente para transmitir y recibir datos. Vea también *liga de datos*.

ensamblador Programa de computadora que convierte (es decir, traduce) instrucciones simbólicas escritas por el programador, por lo general en forma nemotécnica, en instrucciones ejecutables por la máquina (código binario o de computadora). La conversión típica es una a una: una instrucción simbólica se convierte en una instrucción ejecutable por la máquina. Se trata de un software de ayuda para los programadores.

entidad Un primitivo geométrico. El bloque de construcción fundamental empleado en la elaboración de un diseño o dibujo, como un arco, círculo, línea, texto, punto, plano, figura o línea nodal. También es un grupo de primitivos procesados como una unidad identificable. Así, un cuadrado puede definirse como una entidad discreta consistente en cuatro primitivos (vectores), pero cada lado del cuadrado podría definirse como una entidad por sí mismo. Vea también *primitivo*.

entrada (datos) (1) Los datos suministrados a un programa de computadora para ser procesados por el sistema. (2) El proceso de introducir tales datos en el sistema.

entrada/salida (E/S) Término empleado para describir un dispositivo CAD/CAM de comunicaciones tanto como al proceso mediante el cual se llevan a cabo las comunicaciones en un sistema CAD/CAM. Un dispositivo de E/S es aquel que hace posible las comunicaciones entre un dispositivo y el operador de una estación de trabajo, o entre dispositivos del sistema (como estaciones de trabajo o controladores). Por extensión, entrada-/salida también alude al proceso que produce las comunicaciones. Entrada se refiere a los datos transmitidos al procesador para su manipulación, y salida hace referencia a los datos transmitidos del procesador al operador de la estación de trabajo o a otro dispositivo (es decir, los resultados). Es uno de los tres aspectos fundamentales de un sistema CAD/CAM; los otros dos son el procesamiento de los datos que la CPU lleva a cabo a través de operaciones aritméticas y lógicas, y el almacenamiento que sucede en los dispositivos de almacenamiento de datos (como una unidad de disco o cinta).

error (bug) Falla en el diseño o implantación de un programa de software o un elemento de hardware que ocasiona resultados erróneos o malos funcionamientos.

escala Sistema de coordenadas para representar un objeto.

escalar Aumentar o disminuir el tamaño de una entidad desplegada sin cambiar su forma; es decir, modificarla a una razón especificada por el usuario a partir de sus dimensiones originales. El escalamiento se puede hacer de manera automática por medio de un sistema CAD.

escalas de grises En sistemas CAD con pantalla monocromática, se emplean variaciones en el nivel de brillantez (escala de grises) para mejorar el contraste entre los distintos elementos de diseño. Esta útil característica ayuda al diseñador a discriminar entre entidades complejas en capas diferentes desplegadas en forma concurrente en el CRT.

escribir Transferir información desde la memoria principal del CPU hasta un dispositivo periférico; por ejemplo, uno de almacenamiento masivo.

espacio El espacio entre dos entidades en un diseño asistido por computadora es la longitud del segmento de recta más corto que puede trazarse desde la frontera de una de las entidades hasta la otra sin intersecar la frontera de esta última. Los programas de verificación de reglas de diseño CAD/CAM pueden realizar de manera automática verificaciones de espacio.

Especificación Inicial de Intercambio de Gráficos (IGES, Initial Graphics Exchange Epecification) Especificación intermedia de bases de datos CAD/CAM en uso hasta que el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares y desarrolló su propia especificación. La IGES intenta estandarizar la comunicación de dibujos y productos geométricos entre sistemas de computadora.

estación de trabajo Unidad de trabajo y equipo utilizada para operaciones CAD/CAM. Es donde el diseñador interactúa

(se comunica) con la computadora. Frecuentemente consta de una pantalla de CRT y de un dispositivo de entrada, así como un digitalizador y un dispositivo de impresión. En un sistema de procesamiento distribuido, una estación de trabajo tendría capacidades de procesamiento local y almacenamiento masivo. También se le llama *terminal* o *terminal de diseño*.

estiramiento Capacidad de CAD que permite la reubicación de un componente, mediante su arrastre en pantalla por medio de una pluma electrónica, estirando simultáneamente todas las interconexiones para mantener la continuidad de la señal. Durante el movimiento, las interconexiones asociadas con el componente se estiran y doblan, lo que proporciona una excelente guía visual para optimizar la ubicación del componente en términos de su ajuste al flujo de la tarjeta de circuitos impresos u otra entidad, con lo que se minimiza la longitud de las interconexiones y se evitan áreas de congestión.

evaluación comparativa (benchmark) Programa o programas utilizados para probar, comparar y evaluar en tiempo real el desempeño de diferentes sistemas CAD/CAM antes de su selección y compra. Una evaluación comparativa *sintética* tiene parámetros prestablecidos diseñados para ejercitar un conjunto de características y recursos del sistema. Una evaluación comparativa *viva* se plantea a partir de la carga de trabajo pronosticada para el usuario como un modelo de todo el trabajo a realizar.

exploración por puntos (video) En la actualidad es la tecnología dominante en las pantallas gráficas de CAD. Es similar a la televisión convencional, involucra un barrido línea por línea a lo largo de toda la superficie del CRT para generar la imagen. Entre sus características están buena brillantez, exactitud, eliminación selectiva, capacidades de movimiento dinámico y la oportunidad de trabajar con colores ilimitados. El dispositivo puede desplegar una gran cantidad de información sin parpadeos, aunque la resolución no es tan buena como con las pantallas de tubo de almacenamiento.

figura Símbolo o parte que puede contener entidades primitivas, otras figuras, propiedades no gráficas y asociaciones. Una figura puede incorporarse a otras partes o figuras.

firmware Programas de computadora, instrucciones o funciones implantadas en hardware modificable por el usuario, es decir, en un microprocesador con memoria de sólo lectura. Tales programas o instrucciones, almacenadas de manera permanente en memorias de sólo lectura programables, constituyen una parte fundamental del hardware del sistema. La ventaja del *firmware* es que un programa o rutina usados con frecuencia puede invocarse por medio de un solo comando, en lugar de una serie de ellos, como en el caso de un programa de software.

fractura La división de gráficos IC por CAD en áreas simples trapezoidales o rectangulares con fines de generación de patrones.

frecuencia de actualización La rapidez con la que una imagen se vuelve a dibujar en una pantalla; es decir, el tiempo necesario para el retrazado de la imagen desplegada.

fuente de línea Patrón repetitivo usado en CAD para obtener las características de apariencia de una línea que la hace más fácilmente distinguible, como una línea continua, discontinua o punteada. Una fuente de línea puede aplicarse a imágenes gráficas para proporcionar significado gráfico (por ejemplo, líneas ocultas) o funcional (caminos, trayectorias, cables, tuberías, etcétera). Puede ayudar al diseñador a identificar y definir representaciones gráficas específicas de entidades que son dependientes de la vista. Por ejemplo, una línea puede ser sólida cuando se dibuja en la vista superior de un objeto pero, cuando se usa una fuente de línea, se vuelve punteada en la vista lateral donde normalmente no es visible.

fuente de texto Conjuntos de caracteres de distintos estilos y tamaños. En CAD, las fuentes se utilizan para crear texto para los dibujos, y existen caracteres especiales como letras griegas y símbolos matemáticos.

fuera de línea Se refiere a los dispositivos periféricos que en la actualidad no están conectados a, ni bajo el control directo de, la computadora del sistema.

generación de patrón plano Capacidad de CAD/CAM para extender en forma automática un diseño tridimensional de una parte de hoja de metal en su correspondiente diseño con patrón plano. Los cálculos para los dobleces y estiramientos del material se realizan automáticamente para cualquier material especificado. La generación inversa de patrón plano proporciona en forma automática la versión tridimensional de un diseño con patrón plano. Este tipo de generación elimina cuellos de botella importantes para quienes hacen producción a partir de una hoja de metal.

grado de registro El nivel de exactitud de la ubicación de una capa respecto a otra en un despliegue o dibujo de CAD. El registro correcto se traduce en claridad y precisión de una imagen.

graficador Dispositivo periférico de CAD que se usa para extraer la imagen almacenada en la base de datos para su uso externo. Por lo general produce dibujos grandes y exactos que son mucho mejores que los presentados en pantalla. Entre los tipos de graficadores están los de pluma, de tambor, electrostáticos y de cama plana.

graficador de cama plana Dispositivo periférico de CAD/CAM que dibuja una imagen sobre papel, cristal o plástico montados sobre una mesa plana. La cabeza de graficación genera todo el movimiento.

graficador de fotos Dispositivo de salida CAD que genera dibujos de alta precisión de manera fotográfica para el diseño de tarjetas de PC y máscaras de IC.

graficador de matriz de puntos Dispositivo periférico de CAD para generar impresiones de gráficos. Consiste en una combinación de plumines de alambre (estilos) con una densidad de 100 a 200 estilos por pulgada, los cuales colocan puntos donde se requieren para generar un dibujo. Debido a su alta velocidad, se usa a menudo en aplicaciones de diseño electrónico. La precisión y resolución no son tan grandes como las de los graficadores de pluma. También se le conoce como *graficador electrostático*.

graficador de pluma Dispositivo electromecánico de salida CAD que genera impresiones de los datos gráficos desplegados mediante una pluma con punta giratoria o tinta líquida. Se usa cuando se requiere un dibujo final muy exacto. Proporciona uniformidad y densidad de líneas excepcionales, exactitud posicional precisa, así como diferentes colores seleccionables por el usuario.

graficador de tambor Graficador electromecánico de pluma que dibuja una imagen sobre un papel o película montados sobre un tambor giratorio. En este dispositivo periférico de CAD, el movimiento es generado por una combinación de desplazamientos de la cabeza de graficación y la rotación del tambor.

graficador electrostático Vea *graficador de matriz de puntos*.

gráficos de computadora Término general que abarca cualquier disciplina o actividad que utiliza computadoras para generar, procesar y desplegar imágenes. Es, en esencia, la tecnología de los sistemas CAD/CAM. Vea también *diseño asistido por computadora*.

gráficos de estructura de alambre Técnica de diseño asistido por computadora para desplegar un objeto tridimensional en la pantalla del CRT como una serie de líneas que definen su superficie.

hardware Los componentes y módulos físicos, periféricos o centrales, que constituyen un sistema de computación: tarjetas, circuitos integrados, unidades de disco o cinta magnética, terminales de CRT, graficadores, etcétera.

IC Vea *circuito integrado.*

IGES Vea *Especificación Inicial de Intercambio de Gráficos*.

impresión (copia dura) Copia en papel de una imagen desplegada sobre el CRT; por ejemplo, un dibujo, un reporte, un listado o un resumen. La mayoría de los sistemas CAD/CAM pueden generar impresiones de manera automática a través de una impresora en línea o un graficador.

ingeniería asistida por computadora (CAE) Análisis de un diseño para localizar errores básicos u optimizar la fabricación, desempeño y economía (por ejemplo, al comparar varios materiales o diseños posibles). La información extraída de las bases de datos de diseño CAD/CAM se empela para analizar las características funcionales de una parte, producto o sistema bajo diseño y simular su desempeño bajo varias condiciones. En el diseño electrónico, la CAE permite a los usuarios del sistema Computervision Designer detectar y corregir fallas de diseño potencialmente costosas. La CAE permite la ejecución de análisis y simulación en circuitos complejos durante la etapa de definición de circuitos. La CAE se puede usar para determinar propiedades de sección, momentos de inercia, momentos de torsión y vencimiento, peso, volumen, áreas de superficie y centros de gravedad. La CAE puede determinar en forma precisa cargas, vibraciones, ruidos y vida útil en etapas tempranas del ciclo de diseño, de manera que los componentes puedan optimizarse para satisfacer los criterios especificados. Quizá la técnica de CAE más poderosa es el modelado de elemento finito. Vea también *cinemática*.

inicializar Establecer los contadores, interruptores y direcciones de una computadora en cero u otros valores de inicio al comienzo, o en etapas predeterminadas, de un programa o rutina.

iniciar *(o arrancar)* Comenzar la operación un sistema. Encender un sistema.

insertar Crear y colocar entidades, figuras o información en un CRT o en un diseño que se presenta en la pantalla.

instrucción de máquina Instrucción que puede ser reconocida y ejecutada por una computadora.

interactiva Define una comunicación de dos vías entre un sistema CAD/CAM o una estación de trabajo y sus operadores. Un operador puede modificar o terminar un programa y recibir retroalimentación del sistema para su guía y verificación. Vea también *retroalimentación*.

interfaz (1) Medio de articulación de hardware o software que permite a dos equipos de computación, a un equipo y sus periféricos, o a un equipo y su operador funcionar como un sistema integrado. (2) Los dispositivos de entrada y capacidades de retroalimentación visual que permiten la comunicación bilateral entre el diseñador y el sistema. La interfaz con una computadora grande puede ser un enlace de comunicación (hardware) o una combinación de software y conexiones cableadas. Una interfaz podría ser una parte del almacenamiento a la que tienen acceso dos o más programas o una liga entre dos subrutinas de un programa.

ips Vea *pulgadas por segundo.*

joystick *Vea palanca controladora*

lenguaje de alto nivel Lenguaje de programación orientado a problemas que utiliza palabras, símbolos y enunciados de comando similares a enunciados en inglés. En general, cada enunciado representa una serie de instrucciones de computadora y es relativamente fácil de aprender y usar. Un lenguaje de alto nivel permite la ejecución de cierto número de subrutinas a través de un solo comando. Algunos ejemplos son BASIC, FORTRAN, PL/I, PASCAL, COBOL, C++ y JAVA.

Un lenguaje de alto nivel debe traducirse o compilarse en lenguaje máquina antes de que pueda ser entendido y procesado por una computadora. Vea también *ensamblador: lenguaje de bajo nivel***.**

lenguaje de bajo nivel Lenguaje de programación en el que los enunciados se traducen de uno a uno. Vea también *lenguaje máquina*.

lenguaje de comandos Lenguaje de comunicación con un sistema de CAD/CAM para realizar funciones o tareas específicas.

lenguaje de máquina El conjunto completo de comandos que una computadora entiende y utiliza para llevar a cabo sus operaciones.

lenguaje fuente Lenguaje simbólico compuesto de enunciados y fórmulas usadas para elaborar programas. Se traduce a lenguaje objeto (código objeto) mediante un ensamblador o compilador para su ejecución en una computadora.

liga de datos Línea o líneas de comunicación, controles relacionados y la interfaz o interfaces necesarios para la transmisión de datos entre dos o más sistemas de computadora. Puede incluir módems, líneas telefónicas y medios de transmisión dedicados como cables o fibras ópticas.

línea prestablecida (o bus) Corrida, o línea, tendida entre una serie de puntos sobre el esquema de una tarjeta de PC que han sido predefinidos por el diseñador y que pueden evitarse mediante un programa de ruteo automático de CAD.

llave en mano Sistema CAD/CAM para el cual el proveedor asume la responsabilidad total de construir, instalar y probar tanto el hardware como el software, y proporcionar la capacitación para el personal que lo utilizará. También se refiere a un sistema que viene equipado con todo el hardware y software requerido para una o más aplicaciones específicas. Por lo general implica un compromiso del vendedor de hacer que el sistema funcione y proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo tanto en el software como en el hardware.

llenado de formas La acción de pintar automáticamente un área, definida por fronteras especificadas por el usuario; por ejemplo, en un esquema de tarjeta de circuitos impresos o IC, el área a ser llenada con cobre cuando se fabrique la tarjeta. Puede hacerse en línea por CAD.

macro **(macroinstrucción)** Secuencia de instrucciones de computadora que se ejecuta con un solo comando. Una macro ofrece la posibilidad de organizar y guardar, para su posterior utilización, una serie de operaciones de uso frecuente con un nombre y un medio de ejecución (una combinación de teclas, por ejemplo) únicos.

mainframe (computadora) Una computadora central grande.

malla Red de puntos o cuadrícula uniformemente espaciada que se despliega en forma opcional en el CRT y se usa para localizar o digitalizar de manera exacta una posición, introducir componentes durante la creación de un esquema de diseño o construir ángulos precisos. Por ejemplo, la CPU calcula de manera automáti-

ca los datos coordenados proporcionados por los digitalizadores a partir del punto más cercano de la malla. La malla determina la precisión mínima con la que se describen o conectan entidades de diseño. En el ambiente de creación de planos, una malla se utiliza para describir la red de distribución de los recursos.

Manufactura asistida por computadora (CAM) El uso de computadoras y tecnología digital para generar datos orientados a la fabricación. Los datos extraídos de una base de datos CAD/CAM pueden controlar (o ayudar a controlar) una parte o todo el proceso de manufactura, incluyendo máquinas de control numérico, programación de partes asistida por computadora, robótica y controladores lógicos programables. La CAM puede involucrar programación de la producción, ingeniería de manufactura, ingeniería industrial, ingeniería de instalaciones e ingeniería de confiabilidad (control de calidad). Las técnicas de CAM se pueden usar para producir planes de proceso para fabricar un ensamble completo, programar robots y coordinar la operación de planta.

máquina Una computadora, CPU u otro procesador.

maquinado de superficie Generación automática de trayectorias para las herramientas de CN para cortar formas tridimensionales. Tanto las rutas de las herramientas como las formas pueden construirse con el uso de las capacidades de diseño mecánico de un sistema CAD/CAM.

marcar Iniciar el acceso telefónico a una red desde una estación de trabajo a través de un módem.

matriz Arreglo rectangular de dos o tres dimensiones constituido por entidades simbólicas o geométricas idénticas. Una matriz puede generarse en forma automática en un sistema CAD especificando el bloque de construcción y las ubicaciones deseadas. Este proceso se utiliza de manera extensa en un diseño eléctrico o electrónico asistido por computadora.

mejoras Modificaciones, adiciones o actualizaciones de software o hardware para un sistema CAD/CAM.

memoria Cualquier forma de almacenamiento de datos donde se puede leer o escribir información. Dentro de las memorias estándar se incluyen RAM, ROM y PROM. Vea también *memoria programable de sólo lectura*; *memoria de acceso aleatorio*; *memoria de sólo lectura*; *almacenamiento*.

memoria central Término obsoleto que se empleaba para referirse al *almacenamiento principal*.

memoria de acceso aleatorio (RAM, random access memory) Memoria principal de lectura y escritura que proporciona al sistema CAD/CAM acceso directo a la información almacenada. El tiempo requerido para acceder a una palabra almacenada en la memoria es la misma que para cualquier otra.

memoria de sólo lectura (ROM por Read-Only Memory) Memoria que no puede modificarse o reprogramarse. De manera típica se usa para controlar y ejecutar programas. Vea también *memoria programable de sólo lectura*.

memoria masiva Dispositivo de memoria para almacenar una gran cantidad de datos; por ejemplo, disco, tambor o cinta magnética. A diferencia de la memoria principal, no es accesible en forma aleatoria.

memoria principal La memoria de propósito general de la computadora desde la cual pueden ejecutarse instrucciones y en la que los datos pueden cargarse de manera directa a los registros operativos.

memoria programable de sólo lectura (PROM por Programmable Read-Only Memory) Memoria que, una vez programada con datos o instrucciones permanentes, se convierte en una ROM. Vea también *memoria de sólo lectura.*

menú Dispositivo de entrada CAD/CAM común que consiste en un patrón de cuadros impresos en una hoja de papel o plástico colocada sobre una tabla de datos. Estos cuadros han sido programados para representar una parte de un comando, un comando completo o una serie de comandos. Cada cuadro, cuando es tocado por una pluma electrónica, inicia la función particular o comando indicado en ese cuadro. Vea también *tabla de datos*, *menús dinámicos*.

microprocesador El elemento de control central de una microcomputadora, implantado en un solo circuito integrado. Realiza la secuencia y el procesamiento de la instrucción, así como los cálculos necesarios. Requiere de circuitos adicionales para funcionar como una microcomputadora. Vea *microcomputadora*.

minicomputadora Computadora con un solo procesador de propósito general; su flexibilidad y desempeño de memoria son limitados.

modelado geométrico Construcción de un modelo analítico o matemático de un objeto físico o sistema con el propósito de determinar la respuesta de ese objeto o sistema a un estímulo o carga. Primero, el diseñador describe la forma bajo diseño con el uso de un modelo geométrico. Después, la computadora convierte esta representación gráfica en el CRT en un modelo matemático que posteriormente se utiliza para otras funciones CAD, como la optimización del diseño.

modelado sólido Tipo de modelado tridimensional en el cual las características sólidas de un objeto bajo diseño se construyen en la base de datos, de tal forma que las complejas estructuras internas y las formas externas se pueden representar de manera realista. Esto facilita el diseño asistido por computadora y el análisis de objetos sólidos; además, se obtienen resultados más claros y exactos que con las gráficas de estructura de alambre.

modelo geométrico Representación tridimensional o bidimensional completa y geométricamente exacta de una forma, una parte, un área geográfica, una planta o cualquier parte de éstas. Se diseña en un sistema CAD y almacena en una base de datos. Modelo matemático o analítico de un sistema usado para determinar la respuesta de ese sistema a un estímulo o carga. *Vea modelado geométrico*.

módem (**modulador-demodulador**) Dispositivo que convierte señales digitales en señales analógicas, y viceversa, para la transmisión a larga distancia y a través de circuitos de comunicación como líneas telefónicas, cables dedicados, fibra óptica o microndas.

módulo Unidad separada y distinta de hardware o software que forma parte de un sistema.

multiprocesador Computadora cuya arquitectura consiste en más de una unidad de procesamiento. Vea *unidad central de procesamiento: microcomputadora*.

organización en capas Método de organización lógica de una base de datos CAD/CAM. Con base en la función, se separan en capas los diferentes tipos de datos (por ejemplo, las distintas entidades gráficas/geométricas); cada capa puede desplegarse de manera individual o en cualquier combinación deseada. La organización en capas ayuda al diseñador a distinguir los distintos tipos de datos durante la creación de un producto complejo como una tarjeta de PC con múltiples capas o un IC.

palabra Conjunto de bits (por lo general de 16 a 32) que ocupa una sola ubicación de almacenamiento y es tratada por la computadora como una unidad. Vea también *bit*.

palanca controladora o joystick Dispositivo de CAD para la introducción de datos que emplea una palanca controlada manualmente para introducir las coordenadas de los diferentes puntos de un diseño que se desea digitalizar en el sistema.

pantalla Dispositivo de la estación de trabajo de CAD/CAM para presentar con rapidez una imagen, de manera que el diseñador pueda examinarla y realizar cambios interactivamente en tiempo real. Por lo general se refiere a un CRT.

pantalla a color Dispositivo de despliegue de CAD/CAM. La pantalla de explorador por puntos a color ofrece una variedad de colores contrastantes que el usuario puede seleccionar para hacer más fácil la discriminación entre diferentes grupos de elementos de diseño en distintas capas de un diseño grande y complejo. El color hace más rápido el reconocimiento de áreas específicas y subensambles, ayuda al diseñador a interpretar superficies complejas, y resalta los problemas de interferencia. Las pantallas de color pueden ser del tipo de penetración, en el cual varias capas de fósforo producen diferentes colores (frecuencia de actualización) o del tipo televisor, con bombardeo de electrones rojos, azules y verdes (pantalla de exploración por puntos).

pantalla alfanumérica Dispositivo de la estación de trabajo que consiste en un tubo de rayos catódicos (CRT) en el cual se puede ver texto. Una pantalla alfanumérica es capaz de mostrar un conjunto fijo de letras, dígitos y caracteres especiales; permite al diseñador observar los comandos introducidos y recibir mensajes del sistema.

pantalla por puntos Pantalla de estación de trabajo CAD en la que toda la superficie del CRT se explora a una tasa de regeneración constante. La imagen brillante y libre de parpadeo permite la escritura y la eliminación selectiva. También se le conoce como pantalla de televisión digital.

parpadeo Efecto visual no deseado en un CRT cuando la velocidad de actualización es baja.

perforador/lector de cinta de papel Dispositivo periférico que puede leer y perforar una cinta de papel perforado generada por un sistema CAD/CAM. Estas cintas son el medio principal de suministrar datos a una máquina de CN.

pintar Iluminar una figura limitada por puntos en un despliegue mediante el uso de una combinación de patrones repetitivos o fuentes de línea para darle significado o claridad. Vea *fuente de línea*.

píxel La parte más pequeña de una pantalla CRT a la que se puede hacer referencia en forma individual. Un punto específico en una imagen desplegada. Por lo general, los píxeles están igualmente espaciados en los sentidos horizontal y vertical sobre la pantalla.

plantilla Patrón de un componente o parte estándar que se usa a menudo y que sirve como una ayuda de diseño. Después de creada, puede localizarse posteriormente en lugar de redibujarla cada vez que se necesita. El equivalente en CAD de la plantilla de un diseñador podría ser una parte estándar ubicada en la base de datos que puede recuperarse e insertarse intacta en un nuevo dibujo.

pluma de luz Dispositivo manual fotosensible de entrada CAD que se emplea en una pantalla CRT de actualización para identificar elementos desplegados o señalar una ubicación donde deba realizarse una acción.

posprocesador Programa o procedimiento de software que da formato a datos gráficos o de otros tipo procesados en el sistema para algún otro propósito. Por ejemplo, un posprocesador podría formatear los datos de una línea central de corte de manera que puedan ser interpretados por el controlador de una máquina.

precisión Grado de exactitud. Por lo general se refiere al número de cifras significativas a la derecha del punto decimal para los datos representados dentro de un sistema de computadora. Así, el término expresa el grado de discriminación con el que un diseño o elemento de diseño puede describirse en la base de datos.

predeterminado El valor predefinido de un parámetro requerido en una tarea u operación de CAD/CAM. Es proporcionado en forma automática por el sistema siempre que no se especifique un valor (por ejemplo, del texto, la altura o el tamaño de la cuadrícula).

preprocesador Programa de computadora que toma un conjunto específico de instrucciones de una fuente externa y las traduce al formato requerido por el sistema.

primitivo Elemento de diseño en la etapa más baja de complejidad. Una entidad gráfica fundamental. Puede ser un vector, un punto, o una cadena de texto. El objeto más pequeño que puede definirse en un conjunto de instrucciones de un procesador de despliegue.

procesador En el hardware de sistema de CAD/CAM, cualquier dispositivo que realiza una función específica. Con mayor frecuencia se utiliza para hacer referencia a la CPU. En software, se refiere a un conjunto complejo de instrucciones para realizar una función general. Vea también *unidad central de procesamiento*.

procesamiento paralelo Ejecución de dos o más elementos pertenecientes a un proceso de manera concurrente en múltiples procesadores en un sistema de computación.

programa Secuencia precisa de instrucciones que dirigen a una computadora para realizar una tarea particular o acción, o para resolver un problema. Un programa completo incluye planes para la transcripción de datos, codificación para la computadora y planes para la absorción de los resultados en el sistema.

programa de aplicación (o paquete) Programa o conjunto de programas que permite realizar una o más tareas específicas con el fin de satisfacer necesidades particulares (diseño, cálculo, procesamiento de textos, etcétera).

programa de computadora Conjunto específico de instrucciones de software presentados en una forma aceptable para la computadora, que se utiliza para lograr un resultado específico. A menudo se le llama *programa* o *paquete*.

programar Desarrollar un programa. Vea también *programa de computadora*.

PROM Vea *memoria programable de sólo lectura.*

protección contra escritura Característica de seguridad en datos de CAD/CAM que impide la escritura de información nueva sobre la existente.

protección de archivos Técnica para evitar el acceso o la eliminación accidental de datos dentro de un archivo del sistema.

protección de contraseña Opción de protección de ciertos sistemas CAD/CAM que permite el acceso al sistema o a los archivos dentro del sistema sólo si antes se introduce una contraseña constituida por una secuencia especial de caracteres.

puck Dispositivo de entrada controlado en forma manual que permite digitalizar datos coordenados en el sistema a partir de un dibujo colocado en la tabla de datos o la superficie del

digitalizador. Un *puck* tiene una ventana transparente que contiene una cruz reticular.

puerto de vista Vista rectangular de una parte, ensamble u otro elemento, seleccionada por el usuario. Presenta los contenidos de una ventana en el CRT. Vea también *ventana*.

pulgadas por segundo (ips, inches per second) Medida de la velocidad de un dispositivo; es decir, el número de pulgadas de cinta magnética que pueden ser procesadas por segundo. También se aplica para medir la velocidad de un graficador de plumas.

RAM Vea *memoria de acceso aleatorio.*

rastreo Mover un símbolo predefinido a través de la superficie del CRT con una pluma de luz o una pluma electrónica.

ratón Dispositivo manual de entrada de datos que permite colocar un puntero o cursor en la pantalla mediante movimientos del dispositivo sobre una superficie plana. Vea *cursor*.

razón de productividad Medio ampliamente aceptado para medir la productividad de CAD/CAM (rendimiento por hora) al comparar la productividad de un grupo de diseño/ingeniería antes y después de la instalación del sistema o en relación con alguna norma o potencial máximo. La forma más común de registrar la productividad es Horas manuales reales/Horas con CAD reales, expresada como 4:1, 6:1, etcétera.

reanudar Característica de algunos programas de aplicación que permiten al diseñador suspender la operación de procesamiento de datos en algún punto lógico específico y reiniciarlo después desde ese mismo punto.

red Arreglo de dos o más sistemas de computación interconectados para facilitar el intercambio de información con el fin de realizar una función específica. Por ejemplo, un sistema CAD/CAM podría conectarse a una computadora *mainframe* para descargar tareas analíticas pesadas. También hace referencia a una red de tuberías en un diseño de planta asistido por computadora.

red de computadoras Grupo interconectado (en cierto arreglo o configuración) de dos o más sistemas. Vea también *red*.

redibujar Característica de CAD que vuelve a dibujar automáticamente un diseño desplegado en el CRT.

reiniciar Comenzar la operación de un programa de computadora interrumpido mediante la intervención del operador.

rendimiento Número de unidades de trabajo realizadas por un sistema CAD/CAM o una estación de trabajo durante un periodo de tiempo dado. Una medida cuantitativa de la productividad del sistema.

resolución El espaciado más pequeño entre dos elementos en pantalla que permite un despliegue claro en el CRT. La capacidad de definir detalles muy pequeños. Por ejemplo, la resolución del sistema de diseño de IC Computervision es una parte en 33.5 millones. Cuando se aplica a un graficador electrostático, resolución significa el número de puntos por pulgada cuadrada.

restaurar Restituir el estado original de un diseño sobre el que se trabaja en un sistema CAD/CAM, después de hacer ediciones y modificaciones que el diseñador desea cancelar o invalidar.

retícula La placa fotográfica usada para crear una máscara de IC. Vea también *graficador de fotos*.

retroalimentación (1) La capacidad de un sistema para responder a un comando del operador en tiempo real, ya sea en forma visual o con un mensaje en la pantalla alfanumérica del CRT. Este mensaje registra el comando, indica los errores posibles y, de manera simultánea, despliega el diseño actualizado en el CRT. (2) La señal o dato alimenta a una unidad de comandos a partir de una máquina controlada o proceso para expresar su respuesta a un comando. (3) La señal que representa la diferencia entre la respuesta real y la respuesta deseada y que se utiliza por la unidad de comandos para mejorar el desempeño de la máquina controlada o proceso. Vea también *aviso.*

robótica El uso de manipuladores o brazos controlados por computadora para automatizar una variedad de procesos de manufactura como soldadura, manejo de materiales, pintura y ensamblaje.

ROM Vea *memoria de sólo lectura.*

rotar Girar una construcción bidimensional o tridimensional desplegada alrededor de un eje y hasta un ángulo predefinido en relación con la posición original.

rutina Programa de computadora o procedimiento subordinado al programa principal. La unidad de código fuente más pequeña que puede compilarse por separado. Vea *programa de computadora, fuente*

salida El resultado final de un proceso particular o una serie de procesos de CAD/CAM. La salida de un ciclo CAD puede ser un dibujo y listas y reportes impresos. La salida de un sistema total de CAD/CAM, desde el diseño hasta la fabricación, también puede incluir cintas de control numérico para la fabricación.

satélite Sistema remoto conectado a un sistema servidor, generalmente más grande. Un satélite se diferencia de una estación de trabajo inteligente remota en que contiene un conjunto completo de procesadores, memoria y almacenamiento masivo de recursos para operar de manera independiente al servidor. Vea *sistema de servidor satelital*.

servidor (host) La computadora principal o controladora de una red de computadoras. Los servidores a gran escala están equipados con almacenamiento masivo y otros dispositivos periféricos entre los que se incluyen cinta magnética, impresoras, lectores de tarjetas, concentradores, etcétera. Los servidores pueden usarse para sustentar, con su propia memoria y capacidades de procesamiento, no sólo programas de sistemas CAD/CAM, sino también de análisis de ingeniería relacionado.

símbolo Cualquier signo, marca, forma o patrón reconocible que se usa como bloque de construcción para diseñar estructuras significativas. Un conjunto de entidades gráficas primitivas (línea, punto, arco, círculo, texto, etcétera) que forman una construcción que puede expresarse como una unidad y a la que puede asignársele un significado. Los símbolos pueden combinarse o unirse para formar símbolos más grandes o dibujos. Pueden ser tan complejos como una tarjeta de circuitos impresos completa o tan simples como una almohadilla. Los símbolos se utilizan comúnmente para representar cosas físicas. Por ejemplo, se puede usar una forma gráfica particular para representar un dispositivo completo o cierto tipo de componente eléctrico en un esquema. Para simplificar la preparación de dibujos de sistemas de tubería y diagramas de flujo, se utilizan símbolos estándar para representar los diferentes tipos de accesorios y componentes de uso común. Los símbolos también son las unidades básicas de un lenguaje. La secuencia reconocible de caracteres END puede informar a un compilador que la rutina compilada está completa. En el desarrollo de planos asistidos por computadora, un símbolo puede ser un diagrama, diseño, letra, carácter o abreviatura colocada sobre los planos y diagramas, que, por convención o referencia a una leyenda, se entiende que representa una característica específica. En un entorno de CAD, las bibliotecas

de símbolos contribuyen al mantenimiento, la colocación y la interpretación rápida de símbolos.

símbolo nemoténico Símbolo que puede recordarse con facilidad y ayuda al diseñador en su comunicación con el sistema; por ejemplo, una abreviatura como MPY para multiplicar (*multiply*).

simulación de proceso Programa que utiliza un modelo matemático creado en el sistema para realizar numerosas iteraciones con diseños de proceso diferentes, con el fin de obtener retroalimentación numérica y visual en tiempo real. Los diseñadores pueden ver en el CRT lo que sucede en cada etapa del proceso de fabricación. Por lo tanto, pueden optimizar un proceso y corregir problemas que podrían afectar posteriormente el proceso de fabricación real.

sintaxis 1) Conjunto de reglas que describen la estructura permitida para los enunciados de un lenguaje de computadora. Para que los comandos y rutinas tengan sentido gramático, deben escribirse de conformidad con estas reglas. 2) La estructura de un lenguaje de computadora, es decir, la estructura de enunciados en inglés de un lenguaje de comandos CAD/CAM; por ejemplo, verbo, sustantivo, modificadores.

sistema En CAD/CAM, un conjunto de módulos de procesamiento, memoria, despliegue y graficación —junto con el software adecuado— para lograr objetivos específicos. El término sistema de CAD/CAM implica tanto al hardware como al software. Vea también *sistema operativo* (un término relacionado exclusivamente con el software).

sistema de servidor satelital Configuración de sistema CAD-/CAM caracterizada por una estación de trabajo gráfica que, por lo general, contiene el archivo de despliegue y está conectada a otra computadora, usualmente más grande, para efectuar cálculos o manipulación de datos más extensos. La computadora local con pantalla es un satélite de la computadora más grande o servidor: la conjunción de ambos equipos es lo que constituye al sistema de servidor satelital.

sistema integrado Sistema CAD/CAM que integra el ciclo completo de desarrollo del producto —análisis, diseño y fabricación— para que todo el proceso fluya suavemente desde el concepto hasta la producción.

***sistema interactivo de gráficos (IGS, interactive graphics systems)* o gráficos de computadora interactivos** Sistema CAD-/CAM en el cual las estaciones de trabajo se usan de manera interactiva para el diseño asistido por computadora o la esquematización, así como para el CAM, todo bajo el control completo del operador. Las tareas consideradas pueden incluir hasta el procesamiento de textos, la generación de esquemas y gráficas, y la ingeniería asistida por computadora. El diseñador (operador) puede intervenir para introducir datos y dirigir el curso de algún programa, recibiendo retroalimentación visual inmediata a través del CRT. A menudo se utiliza como sinónimo de *CAD*.

sistema operativo Conjunto estructurado de programas de software que controla la operación de la computadora y los dispositivos periféricos asociados en un sistema CAD/CAM, así como la ejecución de programas de computadora y flujos de datos entre los dispositivos periféricos. Puede proporcionar apoyo para actividades y programas como calendarización, depuración, control de entradas y salidas, edición, ensamblaje, compilación, asignación de almacenamiento, administración de datos y diagnósticos. Un sistema operativo puede asignar niveles de prioridad a las tareas, sustentar un sistema de archivos, proporcionar unidades para dispositivos de E/S, emitir e interpretar comandos estándar de sistema, o utilerías para programación en línea, comandos de proceso y dar sustento a la creación de redes y diagnósticos.

sobrepuesto Segmento de código o datos incorporados en la memoria de una computadora para remplazar código o datos existentes.

software La colección de programas de computadora ejecutables incluyendo programas de aplicación, sistemas operativos y lenguajes.

spline Subconjunto de una B-spline donde una secuencia de curvas se restringe a un plano. Una rutina de interpolación ejecutada en un sistema de CAD/CAM ajusta de manera automática una curva al realizar iteraciones hasta que la curvatura es continua a lo largo de toda la curva. Vea también *B-spline*.

stylus Pluma manual que se usa junto con una tabla de datos para introducir comandos y coordenadas en el sistema. También se le llama *pluma electrónica*.

suavización Ajustar curvas y superficies de manera que resulte una geometría continua y suave.

suavización de línea Capacidad de creación de planos automatizada para la interpolación e inserción de puntos adicionales a lo largo de una entidad lineal que produce una serie de segmentos de recta más cortos para generar una apariencia curva suavizada. Los puntos o segmentos adicionales se crean sólo para propósitos de despliegue y se interpolan a partir de un conjunto relativamente pequeño de puntos representativos almacenados. Así, se minimiza el espacio de almacenamiento de datos

subfigura Parte o elemento de diseño que se puede extraer de una biblioteca de CAD para insertarse en otra parte desplegada en el CRT.

tabla Dispositivo de entrada sobre el cual un diseñador puede digitalizar datos coordenados o introducir comandos en un sistema CAD/CAM por medio de una pluma electrónica.

tabla de datos Dispositivo de entrada CAD/CAM que permite al diseñador comunicarse con el sistema mediante el movimiento de una pluma electrónica sobre la superficie de una tabla. Existe una correspondencia entre las posiciones en ésta y los puntos direccionables sobre la superficie de la pantalla del CRT. Habitualmente se utiliza para indicar posiciones sobre el CRT, digitalizar dibujos o seleccionar opciones de menús. Vea también *tabla gráfica*.

tabla gráfica Dispositivo de entrada CAD/CAM que permite introducir instrumentos gráficos y de ubicación al sistema con el uso de una pluma electrónica sobre la tabla. Vea también *tabla de datos*.

tarea 1) Trabajo específico que puede ser ejecutado por un programa de software de CAD/CAM. 2) Parte específica de memoria asignada al usuario para ejecutar ese proyecto.

tarjeta de circuitos impresos Tarjeta base fabricada con materiales aislantes y un patrón de circuitos grabados en cobre sobre el cual se montan los IC y otros componentes requeridos para realizar una o más funciones electrónicas. Estas tarjetas se ensamblan en una ranura o subensamble de equipo electrónico para proporcionar el cerebro o la lógica para controlar la operación de una computadora, sistemas de comunicaciones, instrumentación u otros sistemas electrónicos. El nombre se deriva de que los circuitos no están conectados por cables sino por líneas, rutas o trayectorias de cobre que en realidad están impresas sobre la superficie de la tarjeta.

CAD/CAM se usa en forma extensa en el diseño, las pruebas y la fabricación de tarjetas de circuitos impresos.

tarjeta de PC Vea *tarjeta de circuitos impresos.*

tecla de función Cuadro específico de una tableta de datos o tecla de un conjunto de teclas de función que el diseñador emplea para introducir un comando particular u otra entrada específica. Vea también *tabla de datos*.

teclado alfanumérico Dispositivo de la estación de trabajo que consiste en un teclado con una disposición de teclas similar a la de una máquina de escribir; permite al diseñador comunicarse con el sistema mediante un lenguaje de comandos.

teclado de funciones Dispositivo de entrada localizado en una estación de trabajo CAD/CAM que contiene cierta cantidad de teclas de función.

terminal Vea *estación de trabajo*.

tiempo compartido Uso de la memoria y las capacidades de procesamiento de una CPU por dos o más terminales CAD-/CAM para ejecutar diferentes tareas en forma simultánea.

tiempo de acceso (o tiempo de acceso a disco) Una medida de la respuesta del sistema. Es el intervalo de tiempo entre el instante en que se solicita un dato almacenado y el momento en que se completa la entrega; es decir, el tiempo de lectura. Vea también *tiempo de respuesta*.

tiempo de retorno El tiempo transcurrido entre el momento en que una tarea o proyecto se introduce en el sistema CAD-/CAM y el instante en que se obtiene la salida requerida.

tiempo de respuesta El tiempo transcurrido desde el inicio de una operación en una estación de trabajo hasta la recepción de los resultados en la misma. Incluye la transmisión de datos al CPU, el procesamiento, el acceso al archivo y la transmisión de los resultados de vuelta a la estación de trabajo inicial.

tiempo real Se refiere a las tareas o funciones ejecutadas con tanta rapidez por un sistema de CAD/CAM que la retroalimentación en las diferentes etapas del proceso puede usarse como guía para que el diseñador complete la tarea. La retroalimentación visual inmediata a través del CRT hace posible la operación interactiva y en tiempo real de un sistema de CAD/CAM.

trackball Dispositivo de entrada para gráficos de CAD que consiste en una esfera que sobresale en una superficie. El diseñador puede rotarla en cualquier dirección para controlar la posición del puntero e introducir datos de coordenadas en el sistema.

traducir 1) Convertir resultados de CAD/CAM de un lenguaje a otro. 2) Mover una entidad desplegada una distancia específica en una dirección determinada, mediante un comando de edición.

trampa El área que se busca alrededor de cada clic para encontrar un objetivo en una entidad gráfica que se desea editar. Vea también *digitalizar*.

transformación El proceso de transformar una imagen desplegada. También se aplica a la representación matricial de un espacio geométrico.

transformar Cambiar una imagen desplegada en el CRT; por ejemplo, mediante escalamiento, rotación, traducción o duplicación.

trayectoria de herramienta Línea central de la punta de una herramienta de corte de CN que se mueve sobre una parte producida en un sistema CAD/CAM. Las trayectorias de herramienta pueden crearse y desplegarse de manera interactiva o automática mediante un sistema CAD/CAM, y reformatearse en cintas de CN por medio de un posprocesador, para guiar o controlar el equipo de maquinado. Vea también *maquinado de superficie*.

truncar La eliminación automática de todas las partes de un diseño en el CRT que están fuera de los límites especificados por el usuario.

tubo de almacenamiento Tipo común de CRT que conserva una imagen de manera continua por un periodo de tiempo considerable sin redibujar (regenerar). La imagen no parpadeará sin importar la cantidad de información desplegada. Sin embargo, el despliegue tiende a ser más lento que mediante exploración por puntos, la imagen es bastante difusa y ningún elemento se puede modificar o borrar individualmente sin redibujar todo. Vea también *tubo de almacenamiento de visión directa*.

tubo de almacenamiento de visión directa (DVST, direct-view storage tube) Dispositivo para el despliegue de gráficos. El DVST genera una imagen duradera sin parpadeos, con alta resolución y sin necesidad de actualización. Maneja una cantidad de datos casi ilimitada. Sin embargo, las dinámicas de despliegue están limitadas porque los DVST no permiten borrar en forma selectiva. La imagen no es tan brillante como las generadas por actualización o por puntos. También se conoce como *tubo de almacenamiento*.

tubo de rayos catódicos (CRT, cathode ray tube) El principal componente de un dispositivo de despliegue en CAD. Un CRT despliega representaciones gráficas de entidades y diseños geométricos. Los CRT pueden ser de varios tipos: tubo de almacenamiento, exploración por puntos o de regeneración. Estos tubos crean imágenes por medio de un haz controlable de electrones que bombardea una pantalla. Con frecuencia, el término CRT se usa para designar al dispositivo de despliegue completo.

tutorial Característica de los sistemas CAD/CAM. Si el usuario no está seguro de cómo ejecutar una tarea, el sistema le mostrará cómo. Se despliega un mensaje para proporcionar información y guía.

unidad central de procesamiento (CPU, central processing unit) El "cerebro" de una computadora. Es la parte de la computadora de un sistema CAD/CAM que controla la recopilación, decodificación y procesamiento de información, así como la interpretación y ejecución de instrucciones operativas (los elementos constructivos de una aplicación y otros programas). Una CPU está formada por los elementos aritmético, lógico y de control.

unir Combinar dos o más conjuntos de datos relacionados en uno solo, por lo general en una secuencia específica. Implica el uso de un microprocesador (CPU), memoria y los circuitos de interfaz necesarios. Consiste en uno o más ICs (chips) que comprende un conjunto de chips.

utilería Otro término para las capacidades o características del sistema que permiten al usuario realizar ciertos procesos.

vector Una cantidad que tiene una magnitud y una dirección y que, en CAD, se representa comúnmente mediante un segmento de línea dirigido.

velocidad de bit La rapidez con la que se transmiten los bits; casi siempre se expresa en bits por segundo.

ventana Área provisional delimitada, generalmente de forma rectangular, que se despliega en el CRT para que el usuario pueda incluir entidades particulares para su edición o eliminación.

verificación 1) Mensaje generado por el sistema para una estación de trabajo en el que se reconoce la recepción de una instrucción valida o una entrada. 2) El proceso de verificar la exactitud, viabilidad o facilidad de fabricación de un diseño surgido del sistema.

zoom Una capacidad de CAD que agranda o reduce proporcionalmente una figura desplegada en una pantalla de CRT.

4 Abreviaturas para su uso en dibujos y en texto Estándar Nacional Estadounidense)

(Seleccionado de ANSI/ASME Y14.38-1999)

A

abajo	DWN
absoluto	ABS
accesorio	ACCES
acelerado	ACEL
acero de herramienta	TS
acero	STL
acero de máquina	MS
acero forjado	FST
acero fundido	CS
acero galvanizado	GALVS
acero rodado en frío	CRS
acero rodado al calor	HRS
acumulado	ACCUM
adaptador	ADAPTR
addendum	ADD
adelante	FWD
adición	ADD
aeroplano	APL
agregado	AGGR
ahusado Morse	MORT
ahusamiento	TPR
aire acondicionado	AIRCOND
ajuste	ADJ
ajuste de avance	DF
aleación	ALY
alimentador de caldera	BF
alta presión	HP
alta velocidad	HS
alteración	ALT
alternado	ALTN
altitud	ALT
aluminio	AL
ambas caras	BF
ambos lados	BS
ambos modos	BW
ampere	AMP
amplificador	AMPL
amplificador de salida constante	COA
anchura	WD
antena	ANT
año	YR
aparato	APPAR
apartamento	APT
apéndice	APPX
aprobado	APVD
aproximado	APPROX
arandela	WSHR
arco de soldadura	ARCW
armadura	ARM
arreglo	ARR
artificial	ARTF
asbestos	ASB
asfalto	ASPH
asistente	ASST
asociación	ASSN
asociado	ASSOC
atómico	AT
audible	AUD
automático	AUTO
autorizar	AUTH
auto-transformador	AXFMR
auxiliar	AUX
avance	ADV
avance	DR
avellanado	CTSK
avenida	AVE
aviación	AVN
azimutal	AZ

B

babbit	BAB
balance	BAL
barómetro	BARO
bastidor	HSG
Bessemer	BESS
bisel	BEV
bloque sumergido en concreto	CSB
bloque	BLK
boquilla	BSHG
bosquejo	SKT
botón	BTN
brida	FLG
broca o varilla de broca	DR
bronce	BRZ
Brown & Sharpe (norma de alambre, igual que AWG)	BS
bruñir	BNH
burdo	RGH

C

caballos de fuerza	HP
cabeza	H
cabeza plana	FLH
cada uno	EA
caldera	BLR
calibrado	CAL
calidad	QUAL
calle	ST
cambio	CHG
cantidad	AMT
capacitancia	CAP
cara a cara	FF
cara exterior	OF
cara inferior	BC
cara más cercana	NF
cara trasera	BF
centrado	CTRG
centro	CTR
chavetero	KWY
cianuro	CYN
cilíndrico	CIL
circuito	CKT
círculo de paso	PC
círculo de pernos	BC
claro	BLK
cliente	CUST

cobre dibujado en frío	CDC
Código Estándar Estadounidense para el Intercambio de Información	ASCII
codo	ELB
cojinete de bola	BBRG
cojinete	BRG
cola de paloma	DVTL
combinado	CMBD
completo con	CW
compresor	COMPR
concéntrico	CONC
condición	COND
conjunto naval-ejército	JAN
construcción	BLDG
contacto	CONT
contador	CTR
continuado	CONT
contra	VS
corriente	CUR
corriente alterna	AC
cristal	GL
cuadrado	SQ
cuadrante	QDRNT
cuarto	QTR
cúbico	CU
cubrejuntas	GSKT
cuenta	ACCT
cuerda inferior	BC
cuñero	KST

D

decimal	DEC
dedendum (hueco)	DED
densidad	DENS
departamento	DEPT
derecha	RH
derecho	R
desarrollar	DVL
descarga	DISCH
deslizamiento	SL
después	AFT
desviar	DEFL
detalle	DET
diagonal	DIAG
diagrama	DIAG
diámetro	DIA
diámetro de paso	PD
diámetro de raíz	RD
diámetro exterior	OD
diámetro interno	ID
dibujo	DWG
dimensión	DIM
diseño	DSGN
distancia	DIST
división	DIV
doble	DBL
doblez	BT
docena	DOZ
duplicado	DUP
dureza Brinell	BH
dureza escleroscópica	SH
dureza Rockwell	RH
duro	H

E

ecuación	EQ
efectivo	EFF
eje	SFT
eléctrico	ELEC
elemental	ELEM
elevación	EL
elevado	ELEV
eliminar, remover	RMV
en el centro	OC
en el sentido de las manecillas del reloj	CW
encerrado	INCLUS
enchufe	SKT
endurecido	HDN
ensamblaje	ASSY
ensamble	ASSEM
ensamble (manufactura automotriz)	ASM
ensanchar	BRCH
entrada	ENTR
entre	BETW
entre centros	BC
entre perpendiculares	BP
equipamiento	EQPT
equivalente	EQUIV
escape	EXH
escariador	RMR
esmerilado	GRD
espacio	SP
especial	SPCL
específico	SP
espiga	DWL
esquemático	SCHEM
estación	STA
estacionario	STA
estándar	STD
Estándar Británico	BSI
estimado	EST
estructural	STRL
excéntrico	ECC
existente	EXST
exterior	EXT
extra fuerte	XSTR
extra pesado	XHVY
extrusión	EXTD

F

fabricado	FAB
Fahrenheit	F
federal	FED
figura	FIG
filete	FIL
fluido	FL
foco	FOC
fondo	BOT
forjado	FORG
forjado a martinete	DF
fraguado	WRT
frecuencia	FREQ
frecuencia de audio	AF
freno	BK
frente	FR
fresado	SF
fuerza	F
fundición	CSTG
fundidora	FDRY

G

galón	GAL
galvanizado	GALV
general	GENL
global	OA
gobernador	GOV
gobierno	GOVT
grado	(°)DEG, GR
graduación	GRDTN
grafito	GPH
grueso	THK

H

hacia adentro	INBD
hardware	HDW
hexagonal	HEX
hidráulico	HYDR
hierro fraguado	WI
hierro galvanizado	GALVI
hoja	SH
hombro	SHLDR
hora	HR
horizontal	HORIZ

I

igual	EQL
ilustrado	ILLUS
incluido	INCL
ingeniería	ENGRE
ingeniero	ENGR
intercambio	EXCH
interior	INTR
interno	INTL
intersección	INTSCT
irregular	IRREG
izquierda	LH

J

junta	JT

L

laboratorio	LAB
lado izquierdo	LS
lado más cercano	NS
lado más lejano	FS
laminado	LAM

largo	LG
lateral	LATL
latón	BRS
lengüeta y ranura	TG
letra	LTR
liberar	REL
libra	LB
libra fuerza por pulgada cuadrada	PSI
ligero	LT
línea	L
línea de base	BL
línea de referencia	REF
línea férrea	RR
lista de materiales	BM
localizar	LOC
logaritmo	LOG
longitud	LG
longitud global	LOA
lubricar	LUB

M

macho	JNL
madera	LBR
maleable	MAL
mampara	BHD
manga	SLV
manija	HDL
mantenimiento	MAINT
manual	MNL
manufactura	MFR
manufacturado	MFD
máquina	MACH
marca de pieza	PCMK
marca de referencia	BM
margen	ALLOW
material	MATL
material existente	STK
máximo	MAX
mecánico	MECH
mecanismo	MECH
mediana	MDN
medio	MDM
medio redondo	1/2RH
ménsula	BRKT
mes	MO
metal	MET
metro	M
milla	MI
millas por hora	MPH
mínimo	MIN
misceláneo	MISC
montado	MTD
montaje	MTG
motor	ENG, MOT
mueble	FURN
múltiple	MULT

N

nacional	NATL
natural	NAT
naval militar	AN
negativo	NEG
neutral	NEUT
no escalar	NTS
nominal	NOM
norma o medida	GA
Norma de alambre de música	MWG
Norma Estadounidense de Alambre	AWG
normal	NORM
norte	N
número	NO

O

obsoleto	OBS
octagonal	OCT
oeste	W
oficina	OFC
óptico	OPT
opuesto	OPP
original	ORIG
óxido cobre	CUO

P

paquete	PKG
párrafo	PARA
pasante	THRU
paso diametral	DP
paso	P
patente	PAT
patrón	PATT
pequeño	SM
perfil	PF
permanente	PERM
perpendicular	PERP
pesado	HVY
peso	WT
pie	(′)FT
pie cúbico	CUFT
pieza	PC
pinta	PT
piso	FL
placa	PL
placa de base	BP
placa de blindaje	ARMPL
plano de trabajo	BP
plantilla	TEMPL
plástico	PLSTC
plomería	PLMB
posición	POSN
potencia	PWR
potencial	POT
prefabricado	PREFAB
preferido	PFD
preparar	PREP
presión	PRESS
presión de trabajo	WPR
presión trasera	BP
presionar botón	PB
proceso	PRCS
proceso de manufactura	MFG
producción	PROD
programa	SCHED
promedio	AVG
propulsor	PROP
publicación	PUBN
pulgada	(″) IN.
pulgada cúbica	CUIN
pulgadas por segundo	IPS
pulido	POL
punto	PT
punto de ebullición	BP
punto de curva	PC
punto de intersección	PI
punto de tangencia	PT
punto de trabajo	WP

Q

quiebre	BRK

R

radial	RDL
radio	R
radio exterior	OR
raíz cuadrada media	RMS
ranura	GRV
ranurado	SLTD
real	ACT
recibido	RCVD
rectángulo	RECT
recto	STR
redondo	RND
reducir	RDC
reforzar	REINF
registro	RCD
regreso	BB, RTN
relieve	RLF
remache	RVT
requerido	REQD
requerir	REQ
resorte	SPR
resumen	SMY
reversa	RVS
revestido	CTD
revolución	REV
revoluciones por minuto	RPM
rodado al calor	HR
rodillo	RLR
rosca	THD

S

salida	OUT
sección	SECT
sección cruzada	XSECT
segundo	SEC
semana	WK
semi-acero	SS

sencillo	SGL
separar	SEP
símbolo	SYM
sin cabeza	HDLS
sistema	SYS
soldadura con latón	BRZG
soporte	SPRT
superficie	SURF
suspensor	HGR
sustituto	SUBST

T

tablero	BD
tangente	TAN
técnico	TECH
templado	ANL
temporizador	TMR
tensión	TNSN
terminado por completo	TPC
terminado	FNSH
terminal	TERM
tierra	GRD
típico	TYP
tolerancia	TOL
tornillo	SCR
tornillo de máquina	MSCR
tornillo de sujeción	SSCR
total	TOT
transferir	XFR
tratado al calor	HTTR
trazado	DFTG

U

último	ULT
unidad térmica británica	BTU
unificado	UN
unión	JCT
universal	UNIV

V

vacío	VAC
válvula	V
válvula *check*	CV
variable	VAR
vertical	VERT
volt	V
volumen	VOL

W

watt	W

Y

yarda	YD

5 Ajustes de deslizamiento y corrimiento[a] — Estándar Nacional Estadounidense

RC 1 Los *ajustes de deslizamiento cerrado* están diseñados para la localización precisa de partes que deben ensamblarse sin juego perceptible.

RC 2 Los *ajustes de deslizamiento* están diseñados para la localización precisa, pero con una holgura máxima mayor que la clase RC1. Las partes hechas con este ajuste se mueven y giran con facilidad pero no están diseñadas para correr libremente, y en los tamaños más grandes pueden detenerse con pequeños cambios de temperatura.

RC 3 Los *ajustes de corrimiento de precisión* son de los más cerrados de los que puede esperarse que corran con libertad y están diseñados para trabajo de precisión a velocidades bajas y presiones constantes ligeras, pero no son útiles cuando existe la posibilidad de encontrar diferencias de temperatura apreciables.

RC 4 Los *ajustes de corrimiento cerrado* están diseñados principalmente para ajustes en maquinaria precisa con velocidades de superficie moderadas y presiones constantes, donde se desea una ubicación precisa y un juego mínimo.

Sistema de orificio básico. Los límites están en milésimas de pulgada.
Los límites para el orificio y el eje se aplican de manera algebraica al tamaño básico para obtener los límites de tamaño en las partes.
Los datos en **negritas** cumplen con los acuerdos ABC.
Los símbolos H5, g5, etcétera, son las designaciones de orificio y eje usadas en el sistema ABC.

Rango de tamaño nominal, pulgadas	Clase RC 1			Clase RC 2			Clase RC 3			Clase RC 4		
	Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar	
Desde hasta		Orificio H5	Eje g4		Orificio H6	Eje g5		Orificio H7	Eje f6		Orificio H8	Eje f7
0–0.12	**0.1** **0.45**	**+0.2** **−0**	**−0.1** **−0.25**	**0.1** **0.55**	**+0.25** **−0**	**−0.1** **−0.3**	**0.3** **0.95**	**+0.4** **−0**	**−0.3** **−0.55**	**0.3** **1.3**	**+0.6** **−0**	**−0.3** **−0.7**
0.12–0.24	**0.15** **0.5**	**+0.2** **−0**	**−0.15** **−0.3**	**0.15** **0.65**	**+0.3** **−0**	**−0.15** **−0.35**	**0.4** **1.12**	**+0.5** **−0**	**−0.4** **−0.7**	**0.4** **1.6**	**+0.7** **−0**	**−0.4** **−0.9**
0.24–0.40	**0.2** **0.6**	**+0.25** **−0**	**−0.2** **−0.35**	**0.2** **0.85**	**+0.4** **−0**	**−0.2** **−0.45**	**0.5** **1.5**	**+0.6** **−0**	**−0.5** **−0.9**	**0.5** **2.0**	**+0.9** **−0**	**−0.5** **−1.1**
0.40–0.71	**0.25** **0.75**	**+0.3** **−0**	**−0.25** **−0.45**	**0.25** **0.95**	**+0.4** **−0**	**−0.25** **−0.55**	**0.6** **1.7**	**+0.7** **−0**	**−0.6** **−1.0**	**0.6** **2.3**	**+1.0** **−0**	**−0.6** **−1.3**
0.71–1.19	**0.3** **0.95**	**+0.4** **−0**	**−0.3** **−0.55**	**0.3** **1.2**	**+0.5** **−0**	**−0.3** **−0.7**	**0.8** **2.1**	**+0.8** **−0**	**−0.8** **−1.3**	**0.8** **2.8**	**+1.2** **−0**	**−0.8** **−1.6**
1.19–1.97	**0.4** **1.1**	**+0.4** **−0**	**−0.4** **−0.7**	**0.4** **1.4**	**+0.6** **−0**	**−0.4** **−0.8**	**1.0** **2.6**	**+1.0** **−0**	**−1.0** **−1.6**	**1.0** **3.6**	**+1.6** **−0**	**−1.0** **−2.0**
1.97–3.15	**0.4** **1.2**	**+0.5** **−0**	**−0.4** **−0.7**	**0.4** **1.6**	**+0.7** **−0**	**−0.4** **−0.9**	**1.2** **3.1**	**+1.2** **−0**	**−1.2** **−1.9**	**1.2** **4.2**	**+1.8** **−0**	**−1.2** **−2.4**
3.15–4.73	**0.5** **1.5**	**+0.6** **−0**	**−0.5** **−0.9**	**0.5** **2.0**	**+0.9** **−0**	**−0.5** **−1.1**	**1.4** **3.7**	**+1.4** **−0**	**−1.4** **−2.3**	**1.4** **5.0**	**+2.2** **−0**	**−1.4** **−2.8**
4.73–7.09	**0.6** **1.8**	**+0.7** **−0**	**−0.6** **−1.1**	**0.6** **2.3**	**+1.0** **−0**	**−0.6** **−1.3**	**1.6** **4.2**	**+1.6** **−0**	**−1.6** **−2.6**	**1.6** **5.7**	**+2.5** **−0**	**−1.6** **−3.2**
7.09–9.85	**0.6** **2.0**	**+0.8** **−0**	**−0.6** **−1.2**	**0.6** **2.6**	**+1.2** **−0**	**−0.6** **−1.4**	**2.0** **5.0**	**+1.8** **−0**	**−2.0** **−3.2**	**2.0** **6.6**	**+2.8** **−0**	**−2.0** **−3.8**
9.85–12.41	0.8 2.3	**+0.9** **−0**	−0.8 −1.4	0.8 2.9	**+1.2** **−0**	−0.8 −1.7	2.5 5.7	**+2.0** **−0**	−2.5 −3.7	2.5 7.5	**+3.0** **−0**	−2.5 −4.5
12.41–15.75	1.0 2.7	**+1.0** **−0**	−1.0 −1.7	1.0 3.4	**+1.4** **−0**	−1.0 −2.0	3.0 6.6	**+2.2** **−0**	−3.0 −4.4	3.0 8.7	**+3.5** **−0**	−3.0 −5.2

[a] De ANSI B4.1-1967 (R1994). Para diámetros mayores, vea el estándar.

5 Ajustes de deslizamiento y corrimiento[a] — Estándar Nacional Estadounidense(continuación)

RC 5, RC 6 — Los *ajustes de corrimiento medio* están diseñados para velocidades de corrimiento más altas, presiones constantes pesadas o ambas.

RC 7 — Los *ajustes de corrimiento libre* están diseñados para su utilización cuando la precisión no es esencial, cuando existe la posibilidad de encontrar grandes variaciones de temperatura o bajo las dos condiciones anteriores.

RC 8, RC 9 — Los *ajustes de corrimiento suelto* están diseñados para usarse en sitios donde las tolerancias comerciales amplias pueden ser necesarias, junto con un margen, en el miembro externo.

Rango de tamaño nominal, pulgadas	Clase RC 5			Clase RC 6			Clase RC 7			Clase RC 8			Clase RC 9		
	Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar	
Desde hasta		Orificio H8	Eje e7		Orificio H9	Eje e8		Orificio H9	Eje d8		Orificio H10	Eje c9		Orificio H11	Eje
0–0.12	0.6 1.6	+0.6 −0	−0.6 −1.0	0.6 2.2	+1.0 −0	−0.6 −1.2	1.0 2.6	+1.0 −0	−1.0 −1.6	2.5 5.1	+1.6 −0	−2.5 −3.5	4.0 8.1	+2.5 −0	−4.0 −5.6
0.12–0.24	0.8 2.0	+0.7 −0	−0.8 −1.3	0.8 2.7	+1.2 −0	−0.8 −1.5	1.2 3.1	+1.2 −0	−1.2 −1.9	2.8 5.8	+1.8 −0	−2.8 −4.0	4.5 9.0	+3.0 −0	−4.5 −6.0
0.24–0.40	1.0 2.5	+0.9 −0	−1.0 −1.6	1.0 3.3	+1.4 −0	−1.0 −1.9	1.6 3.9	+1.4 −0	−1.6 −2.5	3.0 6.6	+2.2 −0	−3.0 −4.4	5.0 10.7	+3.5 −0	−5.0 −7.2
0.40–0.71	1.2 2.9	+1.0 −0	−1.2 −1.9	1.2 3.8	+1.6 −0	−1.2 −2.2	2.0 4.6	+1.6 −0	−2.0 −3.0	3.5 7.9	+2.8 −0	−3.5 −5.1	6.0 12.8	+4.0 −0	−6.0 −8.8
0.71–1.19	1.6 3.6	+1.2 −0	−1.6 −2.4	1.6 4.8	+2.0 −0	−1.6 −2.8	2.5 5.7	+2.0 −0	−2.5 −3.7	4.5 10.0	+3.5 −0	−4.5 −6.5	7.0 15.5	+5.0 −0	−7.0 −10.5
1.19–1.97	2.0 4.6	+1.6 −0	−2.0 −3.0	2.0 6.1	+2.5 −0	−2.0 −3.6	3.0 7.1	+2.5 −0	−3.0 −4.6	5.0 11.5	+4.0 −0	−5.0 −7.5	8.0 18.0	+6.0 −0	−8.0 −12.0
1.97–3.15	2.5 5.5	+1.8 −0	−2.5 −3.7	2.5 7.3	+3.0 −0	−2.5 −4.3	4.0 8.8	+3.0 −0	−4.0 −5.8	6.0 13.5	+4.5 −0	−6.0 −9.0	9.0 20.5	+7.0 −0	−9.0 −13.5
3.15–4.73	3.0 6.6	+2.2 −0	−3.0 −4.4	3.0 8.7	+3.5 −0	−3.0 −5.2	5.0 10.7	+3.5 −0	−5.0 −7.2	7.0 15.5	+5.0 −0	−7.0 −10.5	10.0 24.0	+9.0 −0	−10.0 −15.0
4.73–7.09	3.5 7.6	+2.5 −0	−3.5 −5.1	3.5 10.0	+4.0 −0	−3.5 −6.0	6.0 12.5	+4.0 −0	−6.0 −8.5	8.0 18.0	+6.0 −0	−8.0 −12.0	12.0 28.0	+10.0 −0	−12.0 −18.0
7.09–9.85	4.0 8.6	+2.8 −0	−4.0 −5.8	4.0 11.3	+4.5 −0	−4.0 −6.8	7.0 14.3	+4.5 −0	−7.0 −9.8	10.0 21.5	+7.0 −0	−10.0 −14.5	15.0 34.0	+12.0 −0	−15.0 −22.0
9.85–12.41	5.0 10.0	+3.0 −0	−5.0 −7.0	5.0 13.0	+5.0 −0	−5.0 −8.0	8.0 16.0	+5.0 −0	−8.0 −11.0	12.0 25.0	+8.0 −0	−12.0 −17.0	18.0 38.0	+12.0 −0	−18.0 −26.0
12.41–15.75	6.0 11.7	+3.5 −0	−6.0 −8.2	6.0 15.5	+6.0 −0	−6.0 −9.5	10.0 19.5	+6.0 −0	−10.0 13.5	14.0 29.0	+9.0 −0	−14.0 −20.0	22.0 45.0	+14.0 −0	−22.0 −31.0

[a] De ANSI B4.1-1967 (R1994). Para diámetros más grandes, vea el estándar.

6 Ajustes de localización de holgura[a] — Estándar Nacional Estadounidense

Los *ajustes de localización de holgura* LC están diseñados para partes que normalmente son estacionarias pero que pueden ensamblarse o desensamblarse con libertad. Van desde ajustes sin holgura para partes que requieren precisión de localización, hasta ajustes de holgura media para partes como espigas, y llegan hasta ajustes de sujetador suelto, donde la libertad de ensamble es de importancia primordial.

Sistema de orificio básico. Los límites están en milésimas de pulgada.
Los límites para el orificio y el eje se aplican de manera algebraica al tamaño básico para obtener los límites de tamaño en las partes.
Los datos en **negritas** cumplen con los acuerdos ABC.
Los símbolos H6, H5, etcétera, son las designaciones de orificio y eje usadas en el sistema ABC.

Rango de tamaño nominal, pulgadas	Clase LC 1			Clase LC 2			Clase LC 3			Clase LC 4			Clase LC 5		
	Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar	
Desde hasta		Orificio H6	Eje h5		Orificio H7	Eje h6		Orificio H8	Eje h7		Orificio H10	Eje h9		Orificio H7	Eje g6
0–0.12	**0 0.45**	**+0.25 −0**	**+0 −0.2**	**0 0.65**	**+0.4 −0**	**+0 −0.25**	**0 1**	**+0.6 −0**	**+0 −0.4**	**0 2.6**	**+1.6 −0**	**+0 −1.0**	**0.1 0.75**	**+0.4 −0**	**−0.1 −0.35**
0.12–0.24	**0 0.5**	**+0.3 −0**	**+0 −0.2**	**0 0.8**	**+0.5 −0**	**+0 −0.3**	**0 1.2**	**+0.7 −0**	**+0 −0.5**	**0 3.0**	**+1.8 −0**	**+0 −1.2**	**0.15 0.95**	**+0.5 −0**	**−0.15 −0.45**
0.24–0.40	**0 0.65**	**+0.4 −0**	**+0 −0.25**	**0 1.0**	**+0.6 −0**	**+0 −0.4**	**0 1.5**	**+0.9 −0**	**+0 −0.6**	**0 3.6**	**+2.2 −0**	**+0 −1.4**	**0.2 1.2**	**+0.6 −0**	**−0.2 −0.6**
0.40–0.71	**0 0.7**	**+0.4 −0**	**+0 −0.3**	**0 1.1**	**+0.7 −0**	**+0 −0.4**	**0 1.7**	**+1.0 −0**	**+0 −0.7**	**0 4.4**	**+2.8 −0**	**+0 −1.6**	**0.25 1.35**	**+0.7 −0**	**−0.25 −0.65**
0.71–1.19	**0 0.9**	**+0.5 −0**	**+0 −0.4**	**0 1.3**	**+0.8 −0**	**+0 −0.5**	**0 2**	**+1.2 −0**	**+0 −0.8**	**0 5.5**	**+3.5 −0**	**+0 −2.0**	**0.3 1.6**	**+0.8 −0**	**−0.3 −0.8**
1.19–1.97	**0 1.0**	**+0.6 −0**	**+0 −0.4**	**0 1.6**	**+1.0 −0**	**+0 −0.6**	**0 2.6**	**+1.6 −0**	**+0 −1**	**0 6.5**	**+4.0 −0**	**+0 −2.5**	**0.4 2.0**	**+1.0 −0**	**−0.4 −1.0**
1.97–3.15	**0 1.2**	**+0.7 −0**	**+0 −0.5**	**0 1.9**	**+1.2 −0**	**+0 −0.7**	**0 3**	**+1.8 −0**	**+0 −1.2**	**0 7.5**	**+4.5 −0**	**+0 −3**	**0.4 2.3**	**+1.2 −0**	**−0.4 −1.1**
3.15–4.73	**0 1.5**	**+0.9 −0**	**+0 −0.6**	**0 2.3**	**+1.4 −0**	**+0 −0.9**	**0 3.6**	**+2.2 −0**	**+0 −1.4**	**0 8.5**	**+5.0 −0**	**+0 −3.5**	**0.5 2.8**	**+1.4 −0**	**−0.5 −1.4**
4.73–7.09	**0 1.7**	**+1.0 −0**	**+0 −0.7**	**0 2.6**	**+1.6 −0**	**+0 −1.0**	**0 4.1**	**+2.5 −0**	**+0 −1.6**	**0 10**	**+6.0 −0**	**+0 −4**	**0.6 3.2**	**+1.6 −0**	**−0.6 −1.6**
7.09–9.85	**0 2.0**	**+1.2 −0**	**+0 −0.8**	**0 3.0**	**+1.8 −0**	**+0 −1.2**	**0 4.6**	**+2.8 −0**	**+0 −1.8**	**0 11.5**	**+7.0 −0**	**+0 −4.5**	**0.6 3.6**	**+1.8 −0**	**−0.6 −1.8**
9.85–12.41	**0 2.1**	**+1.2 −0**	**+0 −0.9**	**0 3.2**	**+2.0 −0**	**+0 −1.2**	**0 5**	**+3.0 −0**	**+0 −2.0**	**0 13.0**	**+8.0 −0**	**+0 −5**	**0.7 3.9**	**+2.0 −0**	**−0.7 −1.9**
12.41–15.75	**0 2.4**	**+1.4 −0**	**+0 −1.0**	**0 3.6**	**+2.2 −0**	**+0 −1.4**	**0 5.7**	**+3.5 −0**	**+0 −2.2**	**0 15.0**	**+9.0 −0**	**+0 −6**	**0.7 4.3**	**+2.2 −0**	**−0.7 −2.1**

[a] De ANSI B4.1-1967 (R1994). Para diámetros más grandes, vea el estándar.

6 Ajustes de localización de holgura[a] — Estándar Nacional Estadounidense (continuación)

Rango de tamaño nominal, pulgadas	Clase LC 6			Clase LC 7			Clase LC 8			Clase LC 9			Clase LC 10			Clase LC 11		
	Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar		Límites de holgura	Límites estándar	
Desdehasta		Orificio H9	Eje f8		Orificio H10	Eje e9		Orificio H10	Eje d9		Orificio H11	Eje c10		Orificio H12	Eje		Orificio H13	Eje
0–0.12	0.3 1.9	+1.0 −0	−0.3 −0.9	0.6 3.2	+1.6 −0	−0.6 −1.6	1.0 3.6	+1.6 −0	−1.0 −2.0	2.5 6.6	+2.5 −0	−2.5 −4.1	4 12	+4 −0	−4 −8	5 17	+6 −0	−5 −11
0.12–0.24	0.4 2.3	+1.2 −0	−0.4 −1.1	0.8 3.8	+1.8 −0	−0.8 −2.0	1.2 4.2	+1.8 −0	−1.2 −2.4	2.8 7.6	+3.0 −0	−2.8 −4.6	4.5 14.5	+5 −0	−4.5 −9.5	6 20	+7 −0	−6 −13
0.24–0.40	0.5 2.8	+1.4 −0	−0.5 −1.4	1.0 4.6	+2.2 −0	−1.0 −2.4	1.6 5.2	+2.2 −0	−1.6 −3.0	3.0 8.7	+3.5 −0	−3.0 −5.2	5 17	+6 −0	−5 −11	7 25	+9 −0	−7 −16
0.40–0.71	0.6 3.2	+1.6 −0	−0.6 −1.6	1.2 5.6	+2.8 −0	−1.2 −2.8	2.0 6.4	+2.8 −0	−2.0 −3.6	3.5 10.3	+4.0 −0	−3.5 −6.3	6 20	+7 −0	−6 −13	8 28	+10 −0	−8 −18
0.71–1.19	0.8 4.0	+2.0 −0	−0.8 −2.0	1.6 7.1	+3.5 −0	−1.6 −3.6	2.5 8.0	+3.5 −0	−2.5 −4.5	4.5 13.0	+5.0 −0	−4.5 −8.0	7 23	+8 −0	−7 −15	10 34	+12 −0	−10 −22
1.19–1.97	1.0 5.1	+2.5 −0	−1.0 −2.6	2.0 8.5	+4.0 −0	−2.0 −4.5	3.0 9.5	+4.0 −0	−3.0 −5.5	5 15	+6 −0	−5 −9	8 28	+10 −0	−8 −18	12 44	+16 −0	−12 −28
1.97–3.15	1.2 6.0	+3.0 −0	−1.2 −3.0	2.5 10.0	+4.5 −0	−2.5 −5.5	4.0 11.5	+4.5 −0	−4.0 −7.0	6 17.5	+7 −0	−6 −10.5	10 34	+12 −0	−10 −22	14 50	+18 −0	−14 −32
3.15–4.73	1.4 7.1	+3.5 −0	−1.4 −3.6	3.0 11.5	+5.0 −0	−3.0 −6.5	5.0 13.5	+5.0 −0	−5.0 −8.5	7 21	+9 −0	−7 −12	11 39	+14 −0	−11 −25	16 60	+22 −0	−16 −38
4.73–7.09	1.6 8.1	+4.0 −0	−1.6 −4.1	3.5 13.5	+6.0 −0	−3.5 −7.5	6.0 16.0	+6 −0	−6 −10	8 24	+10 −0	−8 −14	12 44	+16 −0	−12 −28	18 68	+25 −0	−18 −43
7.09–9.85	2.0 9.3	+4.5 −0	−2.0 −4.8	4.0 15.5	+7.0 −0	−4.0 −8.5	7.0 18.5	+7 −0	−7 −11.5	10 29	+12 −0	−10 −17	16 52	+18 −0	−16 −34	22 78	+28 −0	−22 −50
9.85–12.41	2.2 10.2	+5.0 −0	−2.2 −5.2	4.5 17.5	+8.0 −0	−4.5 −9.5	7.0 20.0	+8 −0	−7 −12	12 32	+12 −0	−12 −20	20 60	+20 −0	−20 −40	28 88	+30 −0	−28 −58
12.41–15.75	2.5 12.0	+6.0 −0	−2.5 −6.0	5.0 20.0	+9.0 −0	−5 −11	8.0 23.0	+9 −0	−8 −14	14 37	+14 −0	−14 −23	22 66	+22 −0	−22 −44	30 100	+35 −0	−30 −65

[a] De ANSI B4.1-1967 (R1994). Para diámetros más grandes, vea el estándar.

7 Ajustes de localización de transición[a]— Estándar Nacional Estadounidense

Los *ajustes de transición* LT representan un punto medio entre los ajustes de holgura e interferencia. Se aplican en sitios donde la precisión de la localización es importante, pero se permite un monto pequeño de holgura o interferencia.

Sistema de orificio básico. Los límites están en milésimas de pulgada.
Los límites para el orificio y el eje se aplican de manera algebraica al tamaño básico para obtener los límites de tamaño en las partes correspondientes.
Los datos en **negritas** cumplen con los acuerdos ABC.
El "ajuste" representa la interferencia máxima (valores negativos) y la holgura máxima (valores positivos).
Los símbolos H7, js6, etcétera, son las designaciones de orificio y eje usadas en el sistema ABC.

Rango de tamaño nominal, pulgadas	Clase LT 1			Clase LT 2			Clase LT 3			Clase LT 4			Clase LT 5			Clase LT 6		
	Ajuste	Límites estándar		Ajuste	Límites estándar		Ajuste	Límites estándar		Ajuste	Límites estándar		Ajuste	Límites estándar		Ajuste	Límites estándar	
Desde hasta		Orificio H7	Eje js6		Orificio H8	Eje js7		Orificio H7	Eje k6		Orificio H8	Eje k7		Orificio H7	Eje n6		Orificio H7	Eje n7
0–0.12	**−0.10 +0.50**	**+0.4 −0**	**+0.10 −0.10**	**−0.2 +0.8**	**+0.6 −0**	**+0.2 −0.2**							**−0.5 +0.15**	**+0.4 −0**	**+0.5 +0.25**	**−0.65 +0.15**	**+0.4 −0**	**+0.65 +0.25**
0.12–0.24	**−0.15 +0.65**	**+0.5 −0**	**+0.15 −0.15**	**−0.25 +0.95**	**+0.7 −0**	**+0.25 −0.25**							**−0.6 +0.2**	**+0.5 −0**	**+0.6 +0.3**	**−0.8 +0.2**	**+0.5 −0**	**+0.8 +0.3**
0.24–0.40	**−0.2 +0.8**	**+0.6 −0**	**+0.2 −0.2**	**−0.3 +1.2**	**+0.9 −0**	**+0.3 −0.3**	**−0.5 +0.5**	**+0.6 −0**	**+0.5 +0.1**	**−0.7 +0.8**	**+0.9 −0**	**+0.7 +0.1**	**−0.8 +0.2**	**+0.6 −0**	**+0.8 +0.4**	**−1.0 +0.2**	**+0.6 −0**	**+1.0 +0.4**
0.40–0.71	**−0.2 +0.9**	**+0.7 −0**	**+0.2 −0.2**	**−0.35 +1.35**	**+1.0 −0**	**+0.35 −0.35**	**−0.5 +0.6**	**+0.7 −0**	**+0.5 +0.1**	**−0.8 +0.9**	**+1.0 −0**	**+0.8 +0.1**	**−0.9 +0.2**	**+0.7 −0**	**+0.9 +0.5**	**−1.2 +0.2**	**+0.7 −0**	**+1.2 +0.5**
0.71–1.19	**−0.25 +1.05**	**+0.8 −0**	**+0.25 −0.25**	**−0.4 +1.6**	**+1.2 −0**	**+0.4 −0.4**	**−0.6 +0.7**	**+0.8 −0**	**+0.6 +0.1**	**−0.9 +1.1**	**+1.2 −0**	**+0.9 +0.1**	**−1.1 +0.2**	**+0.8 −0**	**+1.1 +0.6**	**−1.4 +0.2**	**+0.8 −0**	**+1.4 +0.6**
1.19–1.97	**−0.3 +1.3**	**+1.0 −0**	**+0.3 −0.3**	**−0.5 +2.1**	**+1.6 −0**	**+0.5 −0.5**	**−0.7 +0.9**	**+1.0 −0**	**+0.7 +0.1**	**−1.1 +1.5**	**+1.6 −0**	**+1.1 +0.1**	**−1.3 +0.3**	**+1.0 −0**	**+1.3 +0.7**	**−1.7 +0.3**	**+1.0 −0**	**+1.7 +0.7**
1.97–3.15	**−0.3 +1.5**	**+1.2 −0**	**+0.3 −0.3**	**−0.6 +2.4**	**+1.8 −0**	**+0.6 −0.6**	**−0.8 +1.1**	**+1.2 −0**	**+0.8 +0.1**	**−1.3 +1.7**	**+1.8 −0**	**+1.3 +0.1**	**−1.5 +0.4**	**+1.2 −0**	**+1.5 +0.8**	**−2.0 +0.4**	**+1.2 −0**	**+2.0 +0.8**
3.15–4.73	**−0.4 +1.8**	**+1.4 −0**	**+0.4 −0.4**	**−0.7 +2.9**	**+2.2 −0**	**+0.7 −0.7**	**−1.0 +1.3**	**+1.4 −0**	**+1.0 +0.1**	**−1.5 +2.1**	**+2.2 −0**	**+1.5 +0.1**	**−1.9 +0.4**	**+1.4 −0**	**+1.9 +1.0**	**−2.4 +0.4**	**+1.4 −0**	**+2.4 +1.0**
4.73–7.09	**−0.5 +2.1**	**+1.6 −0**	**+0.5 −0.5**	**−0.8 +3.3**	**+2.5 −0**	**+0.8 −0.8**	**−1.1 +1.5**	**+1.6 −0**	**+1.1 +0.1**	**−1.7 +2.4**	**+2.5 −0**	**+1.7 +0.1**	**−2.2 +0.4**	**+1.6 −0**	**+2.2 +1.2**	**−2.8 +0.4**	**+1.6 −0**	**+2.8 +1.2**
7.09–9.85	**−0.6 +2.4**	**+1.8 −0**	**+0.6 −0.6**	**−0.9 +3.7**	**+2.8 −0**	**+0.9 −0.9**	**−1.4 +1.6**	**+1.8 −0**	**+1.4 +0.2**	**−2.0 +2.6**	**+2.8 −0**	**+2.0 +0.2**	**−2.6 +0.4**	**+1.8 −0**	**+2.6 +1.4**	**−3.2 +0.4**	**+1.8 −0**	**+3.2 +1.4**
9.85–12.41	**−0.6 +2.6**	**+2.0 −0**	**+0.6 −0.6**	**−1.0 +4.0**	**+3.0 −0**	**+1.0 −1.0**	**−1.4 +1.8**	**+2.0 −0**	**+1.4 +0.2**	**−2.2 +2.8**	**+3.0 −0**	**+2.2 +0.2**	**−2.6 +0.6**	**+2.0 −0**	**+2.6 +1.4**	**−3.4 +0.6**	**+2.0 −0**	**+3.4 +1.4**
12.41–15.75	**−0.7 +2.9**	**+2.2 −0**	**+0.7 −0.7**	**−1.0 +4.5**	**+3.5 −0**	**+1.0 −1.0**	**−1.6 +2.0**	**+2.2 −0**	**+1.6 +0.2**	**−2.4 +3.3**	**+3.5 −0**	**+2.4 +0.2**	**−3.0 +0.6**	**+2.2 −0**	**+3.0 +1.6**	**−3.8 +0.6**	**+2.2 −0**	**+3.8 +1.6**

[a] De ANSI B4.1-1967 (R1994). Para diámetros más grandes, vea el estándar.

8 Ajustes de localización de interferencia[a] — Estándar Nacional Estadounidense

Los *ajustes de localización de interferencia* LN se usan en sitios donde la precisión de la localización es de importancia primordial, y para partes que requieren rigidez y alineación sin requerimientos especiales de presión de perforación. Dichos ajustes no se utilizan en partes diseñadas para transmitir cargas de fricción de una parte a otra en virtud de la estrechez del ajuste, dado que estas condiciones están cubiertas por los ajustes forzados.

Sistema de orificio básico. Los límites están en milésimas de pulgada.
Los límites para el orificio y el eje se aplican de manera algebraica al tamaño básico para obtener los límites de tamaño en las partes.
Los datos en **negritas** cumplen con los acuerdos ABC.
Los símbolos H7, p6, etcétera, son las designaciones de orificio y eje usadas en el sistema ABC.

Rango de tamaño nominal, pulgadas	Clase LN 1			Clase LN 2			Clase LN 3		
	Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar	
Desde hasta		Orificio H6	Eje n5		Orificio H7	Eje p6		Orificio H7	Eje r6
0–0.12	**0** **0.45**	**+0.25** **−0**	**+0.45** **+0.25**	**0** **0.65**	**+0.4** **−0**	**+0.65** **+0.4**	**0.1** **0.75**	**+0.4** **−0**	**+0.75** **+0.5**
0.12–0.24	**0** **0.5**	**+0.3** **−0**	**+0.5** **+0.3**	**0** **0.8**	**+0.5** **−0**	**+0.8** **+0.5**	**0.1** **0.9**	**+0.5** **+0**	**+0.9** **+0.6**
0.24–0.40	**0** **0.65**	**+0.4** **−0**	**+0.65** **+0.4**	**0** **1.0**	**+0.6** **−0**	**+1.0** **+0.6**	**0.2** **1.2**	**+0.6** **−0**	**+1.2** **+0.8**
0.40–0.71	**0** **0.8**	**+0.4** **−0**	**+0.8** **+0.4**	**0** **1.1**	**+0.7** **−0**	**+1.1** **+0.7**	**0.3** **1.4**	**+0.7** **−0**	**+1.4** **+1.0**
0.71–1.19	**0** **1.0**	**+0.5** **−0**	**+1.0** **+0.5**	**0** **1.3**	**+0.8** **−0**	**+1.3** **+0.8**	**0.4** **1.7**	**+0.8** **−0**	**+1.7** **+1.2**
1.19–1.97	**0** **1.1**	**+0.6** **−0**	**+1.1** **+0.6**	**0** **1.6**	**+1.0** **−0**	**+1.6** **+1.0**	**0.4** **2.0**	**+1.0** **−0**	**+2.0** **+1.4**
1.97–3.15	**0.1** **1.3**	**+0.7** **−0**	**+1.3** **+0.7**	**0.2** **2.1**	**+1.2** **−0**	**+2.1** **+1.4**	**0.4** **2.3**	**+1.2** **−0**	**+2.3** **+1.6**
3.15–4.73	**0.1** **1.6**	**+0.9** **−0**	**+1.6** **+1.0**	**0.2** **2.5**	**+1.4** **−0**	**+2.5** **+1.6**	**0.6** **2.9**	**+1.4** **−0**	**+2.9** **+2.0**
4.73–7.09	**0.2** **1.9**	**+1.0** **−0**	**+1.9** **+1.2**	**0.2** **2.8**	**+1.6** **−0**	**+2.8** **+1.8**	**0.9** **3.5**	**+1.6** **−0**	**+3.5** **+2.5**
7.09–9.85	**0.2** **2.2**	**+1.2** **−0**	**+2.2** **+1.4**	**0.2** **3.2**	**+1.8** **−0**	**+3.2** **+2.0**	**1.2** **4.2**	**+1.8** **−0**	**+4.2** **+3.0**
9.85–12.41	**0.2** **2.3**	**+1.2** **−0**	**+2.3** **+1.4**	**0.2** **3.4**	**+2.0** **−0**	**+3.4** **+2.2**	**1.5** **4.7**	**+2.0** **−0**	**+4.7** **+3.5**

[a] De ANSI B4.1-1967 (R1994). Para diámetros más grandes, vea el estándar.

FN1 Los *ajustes de avance ligero* son aquellos que requieren presiones de ensamble ligeras y producen ensambles más o menos permanentes. Son útiles para secciones delgadas o ajustes largos, o en miembros externos de hierro fundido.

FN 2 Los *ajustes de avance medio* son útiles para partes de acero ordinario, o para ajustes estrechos en secciones ligeras. Son de los ajustes más apretados que pueden utilizarse en miembros externos de hierro fundido de alto grado.

FN 3 Los *ajustes de avance pesado* son útiles para partes de acero más pesadas o para ajustes estrechos en secciones medias.

FN 4 }
FN 5 } Los *ajustes forzados* son útiles para partes que pueden experimentar una tensión alta, o para ajustes estrechos donde las fuerzas de presión pesadas requeridas resultan imprácticas.

Sistema de orificio básico. Los límites están en milésimas de pulgada.
Los límites para el orificio y el eje se aplican de manera algebraica al tamaño básico para obtener los límites de tamaño en las partes.
Los datos en **negritas** cumplen con los acuerdos ABC.
Los símbolos H7, s6, etcétera, son las designaciones de orificio y eje usadas en el sistema ABC.

Rango de tamaño nominal, pulgadas	Clase FN 1			Clase FN 2			Clase FN 3			Clase FN 4			Clase FN 5		
	Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar	
Desde hasta		Orificio H6	Eje		Orificio H7	Eje s6		Orificio H7	Eje t6		Orificio H7	Eje u6		Orificio H8	Eje x7
0–0.12	0.05 0.5	**+0.25** **−0**	+0.5 +0.3	**0.2** **0.85**	**+0.4** **−0**	**+0.85** **+0.6**				**0.3** **0.95**	**+0.4** **−0**	**+0.95** **+0.7**	**0.3** **1.3**	**+0.6** **−0**	**+1.3** **+0.9**
0.12–0.24	0.1 0.6	**+0.3** **−0**	+0.6 +0.4	**0.2** **1.0**	**+0.5** **−0**	**+1.0** **+0.7**				**0.4** **1.2**	**+0.5** **−0**	**+1.2** **+0.9**	**0.5** **1.7**	**+0.7** **−0**	**+1.7** **+1.2**
0.24–0.40	0.1 0.75	**+0.4** **−0**	+0.75 +0.5	**0.4** **1.4**	**+0.6** **−0**	**+1.4** **+1.0**				**0.6** **1.6**	**+0.6** **−0**	**+1.6** **+1.2**	**0.5** **2.0**	**+0.9** **−0**	**+2.0** **+1.4**
0.40–0.56	0.1 0.8	**+0.4** **−0**	+0.8 +0.5	**0.5** **1.6**	**+0.7** **−0**	**+1.6** **+1.2**				**0.7** **1.8**	**+0.7** **−0**	**+1.8** **+1.4**	**0.6** **2.3**	**+1.0** **−0**	**+2.3** **+1.6**
0.56–0.71	0.2 0.9	**+0.4** **−0**	+0.9 +0.6	**0.5** **1.6**	**+0.7** **−0**	**+1.6** **+1.2**				**0.7** **1.8**	**+0.7** **−0**	**+1.8** **+1.4**	**0.8** **2.5**	**+1.0** **−0**	**+2.5** **+1.8**
0.71–0.95	0.2 1.1	**+0.5** **−0**	+1.1 +0.7	**0.6** **1.9**	**+0.8** **−0**	**+1.9** **+1.4**				**0.8** **2.1**	**+0.8** **−0**	**+2.1** **+1.6**	**1.0** **3.0**	**+1.2** **−0**	**+3.0** **+2.2**
0.95–1.19	0.3 1.2	**+0.5** **−0**	+1.2 +0.8	**0.6** **1.9**	**+0.8** **−0**	**+1.9** **+1.4**	**0.8** **2.1**	**+0.8** **−0**	**+2.1** **+1.6**	**1.0** **2.3**	**+0.8** **−0**	**+2.3** **+1.8**	**1.3** **3.3**	**+1.2** **−0**	**+3.3** **+2.5**
1.19–1.58	0.3 1.3	**+0.6** **−0**	+1.3 +0.9	**0.8** **2.4**	**+1.0** **−0**	**+2.4** **+1.8**	**1.0** **2.6**	**+1.0** **−0**	**+2.6** **+2.0**	**1.5** **3.1**	**+1.0** **−0**	**+3.1** **+2.5**	**1.4** **4.0**	**+1.6** **−0**	**+4.0** **+3.0**

[a] ANSI B4.1-1967 (R1994).

9 Ajustes forzados y estrechos[a] — Estándar Nacional Estadounidense (continuación)

Rango de tamaño nominal, pulgadas	Clase FN 1			Clase FN 2			Clase FN 3			Clase FN 4			Clase FN 5		
	Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar		Límites de interferencia	Límites estándar	
Desde hasta		Orificio H6	Eje		Orificio H7	Eje s6		Orificio H7	Eje t6		Orificio H7	Eje u6		Orificio H8	Eje x7
1.58–1.97	0.4 1.4	+0.6 −0	+1.4 −1.0	0.8 2.4	+1.0 −0	+2.4 +1.8	1.2 2.8	+1.0 −0	+2.8 +2.2	1.8 3.4	+1.0 −0	+3.4 +2.8	2.4 5.0	+1.6 −0	+5.0 +4.0
1.97–2.56	0.6 1.8	+0.7 −0	+1.8 +1.3	0.8 2.7	+1.2 −0	+2.7 +2.0	1.3 3.2	+1.2 −0	+3.2 +2.5	2.3 4.2	+1.2 −0	+4.2 +3.5	3.2 6.2	+1.8 −0	+6.2 +5.0
2.56–3.15	0.7 1.9	+0.7 −0	+1.9 +1.4	1.0 2.9	+1.2 −0	+2.9 +2.2	1.8 3.7	+1.2 −0	+3.7 +3.0	2.8 4.7	+1.2 −0	+4.7 +4.0	4.2 7.2	+1.8 −0	+7.2 +6.0
3.15–3.94	0.9 24	+0.9 −0	+2.4 +1.8	1.4 3.7	+1.4 −0	+3.7 +2.8	2.1 4.4	+1.4 −0	+4.4 +3.5	3.6 5.9	+1.4 −0	+5.9 +5.0	4.8 8.4	+2.2 −0	+8.4 +7.0
3.94–4.73	1.1 2.6	+0.9 −0	+2.6 +2.0	1.6 3.9	+1.4 −0	+3.9 +3.0	2.6 4.9	+1.4 −0	+4.9 +4.0	4.6 6.9	+1.4 −0	+6.9 +6.0	5.8 9.4	+2.2 −0	+9.4 +8.0
4.73–5.52	1.2 2.9	+1.0 −0	+2.9 +2.2	1.9 4.5	+1.6 −0	+4.5 +3.5	3.4 6.0	+1.6 −0	+6.0 +5.0	5.4 8.0	+1.6 −0	+8.0 +7.0	7.5 11.6	+2.5 −0	+11.6 +10.0
5.52–6.30	1.5 3.2	+1.0 −0	+3.2 +2.5	2.4 5.0	+1.6 −0	+5.0 +4.0	3.4 6.0	+1.6 −0	+6.0 +5.0	5.4 8.0	+1.6 −0	+8.0 +7.0	9.5 13.6	+2.5 −0	+13.6 +12.0
6.30–7.09	1.8 3.5	+1.0 −0	+3.5 +2.8	2.9 5.5	+1.6 −0	+5.5 +4.5	4.4 7.0	+1.6 −0	+7.0 +6.0	6.4 9.0	+1.6 −0	+9.0 +8.0	9.5 13.6	+2.5 −0	+13.6 +12.0
7.09–7.88	1.8 3.8	+1.2 −0	+3.8 +3.0	3.2 6.2	+1.8 −0	+6.2 +5.0	5.2 8.2	+1.8 −0	+8.2 +7.0	7.2 10.2	+1.8 −0	+10.2 +9.0	11.2 15.8	+2.8 −0	+15.8 +14.0
7.88–8.86	2.3 4.3	+1.2 −0	+4.3 +3.5	3.2 6.2	+1.8 −0	+6.2 +5.0	5.2 8.2	+1.8 −0	+8.2 +7.0	8.2 11.2	+1.8 −0	+11.2 +10.0	13.2 17.8	+2.8 −0	+17.8 +16.0
8.86–9.85	2.3 4.3	+1.2 −0	+4.3 +3.5	4.2 7.2	+1.8 −0	+7.2 +6.0	6.2 9.2	+1.8 −0	+9.2 +8.0	10.2 13.2	+1.8 −0	+13.2 +12.0	13.2 17.8	+2.8 −0	+17.8 +16.0
9.85–11.03	2.8 4.9	+1.2 −0	+4.9 +4.0	4.0 7.2	+2.0 −0	+7.2 +6.0	7.0 10.2	+2.0 −0	+10.2 +9.0	10.0 13.2	+2.0 −0	+13.2 +12.0	15.0 20.0	+3.0 −0	+20.0 +18.0
11.03–12.41	2.8 4.9	+1.2 −0	+4.9 +4.0	5.0 8.2	+2.0 −0	+8.2 +7.0	7.0 10.2	+2.0 −0	+10.2 +9.0	12.0 15.2	+2.0 −0	+15.2 +14.0	17.0 22.0	+3.0 −0	+22.0 +20.0
12.41–13.98	3.1 5.5	+1.4 −0	+5.5 +4.5	5.8 9.4	+2.2 −0	+9.4 +8.0	7.8 11.4	+2.2 −0	+11.4 +10.0	13.8 17.4	+2.2 −0	+17.4 +16.0	18.5 24.2	+3.5 +0	+24.2 +22.0

[a] De ANSI B4.1-1967 (R1994). Para diámetros más grandes, vea el estándar.

10 Grados de tolerancia internacional[a]

Las dimensiones están en milímetros.

Tamaños básicos		Grados de tolerancia[b]																	
Desde	hasta (inclusive)	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
0	3	0.0003	0.0005	0.0008	0.0012	0.002	0.003	0.004	0.006	0.010	0.014	0.025	0.040	0.060	0.100	0.140	0.250	0.400	0.600
3	6	0.0004	0.0006	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.005	0.008	0.012	0.018	0.030	0.048	0.075	0.120	0.180	0.300	0.480	0.750
6	10	0.0004	0.0006	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.006	0.009	0.015	0.022	0.036	0.058	0.090	0.150	0.220	0.360	0.580	0.900
10	18	0.0005	0.0008	0.0012	0.002	0.003	0.005	0.008	0.011	0.018	0.027	0.043	0.070	0.110	0.180	0.270	0.430	0.700	1.100
18	30	0.0006	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.006	0.009	0.013	0.021	0.033	0.052	0.084	0.130	0.210	0.330	0.520	0.840	1.300
30	50	0.0006	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.007	0.011	0.016	0.025	0.039	0.062	0.100	0.160	0.250	0.390	0.620	1.000	1.600
50	80	0.0008	0.0012	0.002	0.003	0.005	0.008	0.013	0.019	0.030	0.046	0.074	0.120	0.190	0.300	0.460	0.740	1.200	1.900
80	120	0.001	0.0015	0.0025	0.004	0.006	0.010	0.015	0.022	0.035	0.054	0.087	0.140	0.220	0.350	0.540	0.870	1.400	2.200
120	180	0.0012	0.002	0.0035	0.005	0.008	0.012	0.018	0.025	0.040	0.063	0.100	0.160	0.250	0.400	0.630	1.000	1.600	2.500
180	250	0.002	0.003	0.0045	0.007	0.010	0.014	0.020	0.029	0.046	0.072	0.115	0.185	0.290	0.460	0.720	1.150	1.850	2.900
250	315	0.0025	0.004	0.006	0.008	0.012	0.016	0.023	0.032	0.052	0.081	0.130	0.210	0.320	0.520	0.810	1.300	2.100	3.200
315	400	0.003	0.005	0.007	0.009	0.013	0.018	0.025	0.036	0.057	0.089	0.140	0.230	0.360	0.570	0.890	1.400	2.300	3.600
400	500	0.004	0.006	0.008	0.010	0.015	0.020	0.027	0.040	0.063	0.097	0.155	0.250	0.400	0.630	0.970	1.550	2.500	4.000
500	630	0.0045	0.006	0.009	0.011	0.016	0.022	0.030	0.044	0.070	0.110	0.175	0.280	0.440	0.700	1.100	1.750	2.800	4.400
630	800	0.005	0.007	0.010	0.013	0.018	0.025	0.035	0.050	0.080	0.125	0.200	0.320	0.500	0.800	1.250	2.000	3.200	5.000
800	1000	0.0055	0.008	0.011	0.015	0.021	0.029	0.040	0.056	0.090	0.140	0.230	0.360	0.560	0.900	1.400	2.300	3.600	5.600
1000	1250	0.0065	0.009	0.013	0.018	0.024	0.034	0.046	0.066	0.105	0.165	0.260	0.420	0.660	1.050	1.650	2.600	4.200	6.600
1250	1600	0.008	0.011	0.015	0.021	0.029	0.040	0.054	0.078	0.125	0.195	0.310	0.500	0.780	1.250	1.950	3.100	5.000	7.800
1600	2000	0.009	0.013	0.018	0.025	0.035	0.048	0.065	0.092	0.150	0.230	0.370	0.600	0.920	1.500	2.300	3.700	6.000	9.200
2000	2500	0.011	0.015	0.022	0.030	0.041	0.057	0.077	0.110	0.175	0.280	0.440	0.700	1.100	1.750	2.800	4.400	7.000	11.000
2500	3150	0.013	0.018	0.026	0.036	0.050	0.069	0.093	0.135	0.210	0.330	0.540	0.860	1.350	2.100	3.300	5.400	8.600	13.500

[a] De ANSI B4.2-1978 (R1994).
[b] Los valores IT para los grados de tolerancia mayores a IT16 pueden calcularse mediante el uso de las fórmulas IT17 = IT × 10, IT18 = IT13 × 10, etcétera.

11 Ajustes de holgura métricos preferidos con base en el orificio[a] — Estándar Nacional Estadounidense

Las dimensiones están en milímetros

Tamaño básico		Corrimiento suelto			Corrimiento libre			Corrimiento cerrado			Deslizamiento			Holgura de localización		
		Orificio H11	Eje c11	Ajuste	Orificio H9	Eje d9	Ajuste	Orificio H8	f7	Ajuste	Orificio H7	Eje g6	Ajuste	Orificio H7	Eje h6	Ajuste
1	Max	1.060	0.940	0.180	1.025	0.980	0.070	1.014	0.994	0.030	1.010	0.998	0.018	1.010	1.000	0.016
	Min	1.060	0.880	0.060	1.000	0.955	0.020	1.000	0.984	0.006	1.000	0.992	0.002	1.000	0.994	0.000
1.2	Max	1.260	1.140	0.180	1.225	1.180	0.070	1.214	1.194	0.030	1.210	1.198	0.018	1.210	1.200	0.016
	Min	1.200	1.080	0.060	1.200	1.155	0.020	1.200	1.184	0.036	1.200	1.192	0.002	1.200	1.194	0.000
1.6	Max	1.660	1.540	0.180	1.625	1.580	0.070	1.614	1.594	0.030	1.610	1.598	0.018	1.610	1.600	0.016
	Min	1.600	1.480	0.060	1.600	1.555	0.020	1.600	1.584	0.006	1.600	1.592	0.002	1.600	1.594	0.000
2	Max	2.060	1.940	0.180	2.025	1.980	0.070	2.014	1.994	0.030	2.010	1.998	0.018	2.010	2.000	0.016
	Min	2.000	1.880	0.060	2.000	1.955	0.020	2.000	1.984	0.006	2.000	1.992	0.002	2.000	1.994	0.000
2.5	Max	2.560	2.440	0.180	2.525	2.480	0.070	2.514	2.494	0.030	2.510	2.498	0.018	2.510	2.500	0.016
	Min	2.500	2.380	0.060	2.500	2.455	0.020	2.500	2.484	0.006	2.500	2.492	0.002	2.500	2.494	0.000
3	Max	3.060	2.940	0.180	3.025	2.980	0.070	3.014	2.994	0.030	3.010	2.998	0.018	3.010	3.000	0.016
	Min	3.000	2.880	0.060	3.000	2.955	0.020	3.000	2.984	0.006	3.000	2.992	0.002	3.000	2.994	0.000
4	Max	4.075	3.930	0.220	4.030	3.970	0.090	4.018	3.990	0.040	4.012	3.996	0.024	4.012	4.000	0.020
	Min	4.000	3.855	0.070	4.000	3.940	0.030	4.000	3.978	0.010	4.000	3.988	0.004	4.000	3.992	0.000
5	Max	5.075	4.930	0.220	5.030	4.970	0.090	5.018	4.990	0.040	5.012	4.996	0.024	5.012	5.000	0.020
	Min	5.000	4.855	0.070	5.000	4.940	0.030	5.000	4.978	0.010	5.000	4.988	0.004	5.000	4.992	0.000
6	Max	6.075	5.930	0.220	6.030	5.970	0.090	6.018	5.990	0.040	6.012	5.996	0.024	6.012	6.000	0.020
	Min	6.000	5.855	0.070	6.000	5.940	0.030	6.000	5.978	0.010	6.000	5.988	0.004	6.000	5.992	0.000
8	Max	8.090	7.920	0.260	8.036	7.960	0.112	8.022	7.987	0.050	8.015	7.995	0.029	8.015	8.000	0.024
	Min	8.000	7.830	0.080	8.000	7.924	0.040	8.000	7.972	0.013	8.000	7.986	0.005	8.000	7.991	0.000
10	Max	10.090	9.920	0.260	10.036	9.960	0.112	10.022	9.987	0.050	10.015	9.995	0.029	10.015	10.000	0.024
	Min	10.000	9.830	0.080	10.000	9.924	0.040	10.000	9.972	0.013	10.000	9.986	0.005	10.000	9.991	0.000
12	Max	12.110	11.905	0.315	12.043	11.950	0.136	12.027	11.984	0.061	12.018	11.994	0.035	12.018	12.000	0.029
	Min	12.000	11.795	0.095	12.000	11.907	0.050	12.000	11.966	0.016	12.000	11.983	0.006	12.000	11.989	0.000
16	Max	16.110	15.905	0.315	16.043	15.950	0.136	16.027	15.984	0.061	16.018	15.994	0.035	16.018	16.000	0.029
	Min	16.000	15.795	0.095	16.000	15.907	0.050	16.000	15.966	0.016	16.000	15.983	0.006	16.000	15.989	0.000
20	Max	20.130	19.890	0.370	20.052	19.935	0.169	20.033	19.980	0.074	20.021	19.993	0.041	20.021	20.000	0.034
	Min	20.000	19.760	0.110	20.000	19.883	0.065	20.000	19.959	0.020	20.000	19.980	0.007	20.000	19.987	0.000
25	Max	25.130	24.890	0.370	25.052	24.935	0.169	25.033	24.980	0.074	25.021	24.993	0.041	25.021	25.000	0.034
	Min	25.000	24.760	0.110	25.000	24.883	0.065	25.000	24.959	0.020	25.000	24.980	0.007	25.000	24.987	0.000
30	Max	30.130	29.890	0.370	30.052	29.935	0.169	30.033	29.980	0.074	30.021	29.993	0.041	30.021	30.000	0.034
	Min	30.000	29.760	0.110	30.000	29.883	0.065	30.000	29.959	0.020	30.000	29.980	0.007	30.000	29.987	0.000

[a] De ANSI B4.2-1978 (R1994). Para ver una descripción de los ajustes preferidos, consulte la tabla 12.2.

11 Ajustes de holgura métricos preferidos con base en el orificio[a] — Estándar Nacional Estadounidense (continuación)

Las dimensiones están en milímetros.

Tamaño básico		Corrimiento suelto			Corrimiento libre			Corrimiento cerrado			Deslizamiento			Holgura de localización		
		Orificio H11	Eje c11	Ajuste	Orificio H9	Eje d9	Ajuste	Orificio H8	Eje f7	Ajuste	Orificio H7	Eje g6	Ajuste	Orificio H7	Eje h6	Ajuste
40	Max	40.160	39.880	0.440	40.062	39.920	0.204	40.039	39.975	0.089	40.025	39.991	0.050	40.025	40.000	0.041
	Min	40.000	39.720	0.120	40.000	39.858	0.080	40.000	39.950	0.025	40.000	39.975	0.009	40.000	39.984	0.000
50	Max	50.160	49.870	0.450	50.062	49.920	0.204	50.039	49.975	0.089	50.025	49.991	0.050	50.025	50.000	0.041
	Min	50.000	49.710	0.130	50.000	49.858	0.080	50.000	49.950	0.025	50.000	49.975	0.009	50.000	49.984	0.000
60	Max	60.190	59.860	0.520	60.074	59.900	0.248	60.046	59.970	0.106	60.030	59.990	0.059	60.030	60.000	0.049
	Min	60.000	59.670	0.140	60.000	59.826	0.100	60.000	59.940	0.030	60.000	59.971	0.010	60.000	59.981	0.000
80	Max	80.190	79.950	0.530	80.074	79.900	0.248	80.046	79.970	0.106	80.030	79.990	0.059	80.030	80.000	0.049
	Min	80.000	79.660	0.150	80.000	79.826	0.100	80.000	79.940	0.030	80.000	79.971	0.010	80.000	79.981	0.000
100	Max	100.220	99.830	0.610	100.087	99.880	0.294	100.054	99.964	0.125	100.035	99.988	0.069	100.035	100.000	0.057
	Min	100.000	99.610	0.170	100.000	99.793	0.120	100.000	99.929	0.036	100.000	99.966	0.012	100.000	99.978	0.000
120	Max	120.220	119.820	0.620	120.087	119.880	0.294	120.054	119.964	0.125	120.035	119.988	0.069	120.035	120.000	0.057
	Min	120.000	119.600	0.180	120.000	119.793	0.120	120.000	119.929	0.036	120.000	119.966	0.012	120.000	119.978	0.000
160	Max	160.250	159.790	0.710	160.100	159.855	0.345	160.063	159.957	0.146	160.000	159.986	0.079	160.040	160.000	0.065
	Min	160.000	159.540	0.210	160.000	159.755	0.145	160.000	159.917	0.043	160.000	159.961	0.014	160.000	159.975	0.000
200	Max	200.290	199.760	0.820	200.115	199.830	0.400	200.072	199.950	0.168	200.046	199.985	0.090	200.046	200.000	0.075
	Min	200.000	199.470	0.240	200.000	199.715	0.170	200.000	199.904	0.050	200.000	199.956	0.015	200.000	199.971	0.000
250	Max	250.290	249.720	0.860	250.115	249.830	0.400	250.072	249.950	0.168	250.046	249.985	0.090	250.046	250.000	0.075
	Min	250.000	249.430	0.280	250.000	249.715	0.170	250.000	249.904	0.050	250.000	249.956	0.015	250.000	249.971	0.000
300	Max	300.320	299.670	0.970	300.130	299.810	0.450	300.081	299.944	0.189	300.052	299.983	0.101	300.052	300.000	0.084
	Min	300.000	299.350	0.330	300.000	299.680	0.190	300.000	299.892	0.056	300.000	299.951	0.017	300.000	299.968	0.000
400	Max	400.360	399.600	1.120	400.140	399.790	0.490	400.089	399.938	0.208	400.057	399.982	0.111	400.057	400.000	0.093
	Min	400.000	399.240	0.400	400.000	399.650	0.210	400.000	399.881	0.062	400.000	399.946	0.018	400.000	399.964	0.000
500	Max	500.400	499.520	1.280	500.155	499.770	0.540	500.097	499.932	0.228	500.063	499.980	0.123	500.063	500.000	0.103
	Min	500.000	499.120	0.480	500.000	499.615	0.230	500.000	499.869	0.068	500.000	499.940	0.020	500.000	499.960	0.000

[a] De ANSI B4.2-1978 (R1994). Para ver una descripción de los ajustes preferidos, consulte la tabla 12.2.

12 Ajustes de interferencia y transición métricos preferidos con base en el orificio[a] — Estándar Nacional Estadounidense

Las dimensiones están en milímetros.

Tamaño básico		Localiz. de transición			Localiz. de transición			Localiz. de interferencia			Avance medio			Forzado		
		Orificio H7	Eje k6	Ajuste	Orificio H7	Eje n6	Ajuste	Orificio H7	Eje p6	Ajuste	Orificio H7	Eje a6	Ajuste	Orificio H7	Eje u6	Ajuste
1	Max	1.010	1.006	0.010	1.010	1.010	0.006	1.010	1.012	0.004	1.010	1.020	−0.004	1.010	1.024	−0.008
	Min	1.000	1.000	−0.006	1.000	1.004	−0.010	1.000	1.006	−0.012	1.000	1.014	−0.020	1.000	1.018	−0.024
1.2	Max	1.210	1.206	0.010	1.210	1.210	0.006	1.210	1.212	0.004	1.210	1.220	−0.004	1.210	1.224	−0.008
	Min	1.200	1.200	−0.006	1.200	1.204	−0.010	1.200	1.206	−0.012	1.200	1.214	−0.020	1.200	1.218	−0.024
1.6	Max	1.610	1.606	0.010	1.610	1.610	0.006	1.610	1.612	0.004	1.610	1.620	−0.004	1.610	1.624	−0.008
	Min	1.600	1.600	−0.006	1.600	1.604	−0.010	1.600	1.606	−0.012	1.600	1.614	−0.020	1.600	1.618	−0.024
2	Max	2.010	2.006	0.010	2.010	2.010	0.006	2.010	2.012	0.004	2.010	2.020	−0.004	2.010	2.024	−0.008
	Min	2.000	2.000	−0.006	2.000	2.004	−0.010	2.000	2.006	−0.012	2.000	2.014	−0.020	2.000	2.018	−0.024
2.5	Max	2.510	2.506	0.010	2.510	2.510	0.006	2.510	2.512	0.004	2.510	2.520	−0.004	2.510	2.524	−0.008
	Min	2.500	2.500	−0.006	2.500	2.504	−0.010	2.500	2.506	−0.012	2.500	2.514	−0.020	2.500	2.518	−0.024
3	Max	3.010	3.006	0.010	3.010	3.010	0.006	3.010	3.012	0.004	3.010	3.020	−0.004	3.010	3.024	−0.008
	Min	3.000	3.000	−0.006	3.000	3.004	−0.010	3.000	3.006	−0.012	3.000	3.014	−0.020	3.000	3.018	−0.024
4	Max	4.012	4.009	0.011	4.012	4.016	0.004	4.012	4.020	0.000	4.012	4.027	−0.007	4.012	4.031	−0.011
	Min	4.000	4.001	−0.009	4.000	4.008	−0.016	4.000	4.012	−0.020	4.000	4.019	−0.027	4.000	4.023	−0.031
5	Max	5.012	5.009	0.011	5.012	5.016	0.004	5.012	5.020	0.000	5.012	5.027	−0.007	5.012	5.031	−0.011
	Min	5.000	5.001	−0.009	5.000	5.008	−0.016	5.000	5.012	−0.020	5.000	5.019	−0.027	5.000	5.023	−0.031
6	Max	6.012	6.009	0.011	6.012	6.016	0.004	6.012	6.020	0.000	6.012	6.027	−0.007	6.012	6.031	−0.011
	Min	6.000	6.001	−0.009	6.000	6.008	−0.016	6.000	6.012	−0.020	6.000	6.019	−0.027	6.000	6.023	−0.031
8	Max	8.015	8.010	0.014	8.015	8.019	0.005	8.015	8.024	0.000	8.015	8.032	−0.008	8.015	8.037	−0.013
	Min	8.000	8.001	−0.010	8.000	8.010	−0.019	8.000	8.015	−0.024	8.000	8.023	−0.032	8.000	8.028	−0.037
10	Max	10.015	10.010	0.014	10.015	10.019	0.005	10.015	10.024	0.000	10.015	10.032	−0.008	10.015	10.037	−0.013
	Min	10.000	10.001	−0.010	10.000	10.010	−0.019	10.000	10.015	−0.024	10.000	10.023	−0.032	10.000	10.028	−0.037
12	Max	12.018	12.012	0.017	12.018	12.023	0.006	12.018	12.029	0.000	12.018	12.039	−0.010	12.018	12.044	−0.015
	Min	12.000	12.001	−0.012	12.000	12.012	−0.023	12.000	12.018	−0.029	12.000	12.028	−0.039	12.000	12.033	−0.044
16	Max	16.018	16.012	0.017	16.018	16.023	0.006	16.018	16.029	0.000	16.018	16.039	−0.010	16.018	16.044	−0.015
	Min	16.000	16.001	−0.012	16.000	16.012	−0.023	16.000	16.018	−0.029	16.000	16.028	−0.039	16.000	16.033	−0.044
20	Max	20.081	20.015	0.019	20.021	20.028	0.006	20.021	20.035	−0.001	20.021	20.048	−0.014	20.021	20.054	−0.020
	Min	20.000	20.002	−0.015	20.000	20.015	−0.028	20.000	20.022	−0.035	20.000	20.035	−0.048	20.000	20.041	−0.054
25	Max	25.021	25.015	0.019	25.021	25.028	0.006	25.021	25.035	−0.001	25.021	25.048	−0.014	25.021	25.061	−0.027
	Min	25.000	25.002	−0.015	25.000	25.015	−0.028	25.000	25.022	−0.035	25.000	25.035	−0.048	25.000	25.048	−0.061
30	Max	30.021	30.015	0.019	30.021	30.028	0.006	30.021	30.035	−0.001	30.021	30.048	−0.014	30.021	30.061	−0.027
	Min	30.000	30.002	−0.015	30.000	30.015	−0.028	30.000	30.022	−0.035	30.000	30.035	−0.048	30.000	30.048	−0.061

[a] De ANSI B4.2-1978 (R1994).

12 Ajustes de interferencia y transición métricos preferidos con base en el orificio[a] — Estándar Nacional Estadounidense (continuación)

Las dimensiones están en milímetros.

Tamaño básico		Localiz. de transición			Localiz. de transición			Localiz. de interferencia			Avance medio			Forzado		
		Orificio H7	Eje k6	Ajuste	Orificio H7	Eje n6	Ajuste	Orificio H7	Eje p6	Ajuste	Orificio H7	Eje s6	Ajuste	Orificio H7	Eje u6	Ajuste
40	Max	40.025	40.018	0.023	40.025	40.033	0.08	40.025	40.042	−0.001	40.025	40.059	−0.018	40.025	40.076	−0.035
	Min	40.000	40.002	−0.018	40.000	40.017	−0.033	40.000	40.026	−0.042	40.000	40.043	−0.059	40.000	40.060	−0.076
50	Max	50.025	50.018	0.023	50.025	50.033	0.008	50.025	50.042	−0.001	50.025	50.059	−0.018	50.025	50.086	−0.045
	Min	50.000	50.002	−0.018	50.000	50.017	−0.033	50.000	50.026	−0.042	50.000	50.043	−0.059	50.000	50.070	−0.086
60	Max	60.030	60.021	0.028	60.030	60.039	0.010	60.030	60.051	−0.002	60.030	60.072	−0.023	60.030	60.106	−0.057
	Min	60.000	60.002	−0.021	60.000	60.020	−0.039	60.000	60.032	−0.051	60.000	60.053	−0.072	60.000	60.087	−0.106
80	Max	80.030	80.021	0.028	80.030	80.039	0.010	80.030	80.051	−0.002	80.030	80.078	−0.029	80.030	80.121	−0.072
	Min	80.000	80.002	−0.021	80.000	80.020	−0.039	80.000	80.032	−0.051	80.000	80.059	−0.078	80.000	80.102	−0.121
100	Max	100.035	100.025	0.032	100.035	100.045	0.012	100.035	100.059	−0.002	100.035	100.093	−0.036	100.035	100.146	−0.089
	Min	100.000	100.003	−0.025	100.000	100.023	−0.045	100.000	100.037	−0.059	100.000	100.071	−0.093	100.000	100.124	−0.146
120	Max	120.035	120.025	0.032	120.035	120.045	0.012	120.035	120.059	−0.002	120.035	120.101	−0.044	120.035	120.166	−0.109
	Min	120.000	120.003	−0.025	120.000	120.023	−0.045	120.000	120.037	−0.059	120.000	120.079	−0.101	120.000	120.144	−0.166
160	Max	160.040	160.028	0.037	160.040	160.052	0.013	160.040	160.068	−0.003	160.040	160.125	−0.060	160.040	160.215	−0.150
	Min	160.000	160.003	−0.028	160.000	160.027	−0.052	160.000	160.043	−0.068	160.000	160.100	−0.125	160.000	160.190	−0.215
200	Max	200.046	200.033	0.042	200.046	200.060	0.015	200.046	200.079	−0.004	200.046	200.151	−0.076	200.046	200.265	−0.190
	Min	200.000	200.004	−0.033	200.000	200.031	−0.060	200.000	200.050	−0.079	200.000	200.122	−0.151	200.000	200.236	−0.265
250	Max	250.046	250.033	0.042	250.046	250.060	0.015	250.046	250.079	−0.004	250.046	250.169	−0.094	250.046	250.313	−0.238
	Min	250.000	250.004	−0.033	250.000	250.031	−0.060	250.000	250.050	−0.079	250.000	250.140	−0.169	250.000	250.284	−0.313
300	Max	300.052	300.036	0.048	300.052	300.066	0.018	300.052	300.088	−0.004	300.052	300.202	−0.118	300.052	300.382	−0.298
	Min	300.000	300.004	−0.036	300.000	300.034	−0.066	300.000	300.056	−0.088	300.000	300.170	−0.202	300.000	300.350	−0.382
400	Max	400.057	400.040	0.053	400.057	400.073	0.020	400.057	400.098	−0.005	400.057	400.244	−0.151	400.057	400.471	−0.378
	Min	400.000	400.004	−0.040	400.000	400.037	−0.073	400.000	400.062	−0.098	400.000	400.208	−0.244	400.000	400.435	−0.471
500	Max	500.063	500.045	0.058	500.063	500.080	0.023	500.063	500.108	−0.005	500.063	500.292	−0.189	500.063	500.580	−0.477
	Min	500.000	500.005	−0.045	500.000	500.040	−0.080	500.000	500.068	−0.108	500.000	500.252	−0.292	500.000	500.540	−0.580

[a] De ANSI B4.2-1978 (R1994).

13 Ajustes de holgura métricos preferidos con base en el eje[a] — Estándar Nacional Estadounidense

Las dimensiones están en milímetros.

Tamaño básico		Corrimiento suelto			Corrimiento libre			Corrimiento cerrado			Deslizamiento			Localización de holgura		
		Orificio C11	Eje h11	Ajuste	Orificio D9	Eje h9	Ajuste	Orificio F8	Eje h7	Ajuste	Orificio G7	Eje h6	Ajuste	Orificio H7	Eje h6	Ajuste
1	Max	1.120	1.000	0.180	1.045	1.000	0.070	1.020	1.000	0.030	1.012	1.000	0.018	1.010	1.000	0.016
	Min	1.060	0.940	0.060	1.020	0.975	0.020	1.006	0.990	0.006	1.002	0.994	0.002	1.000	0.994	0.000
1.2	Max	1.320	1.200	0.180	1.245	1.200	0.070	1.220	1.200	0.030	1.212	1.200	0.018	1.210	1.200	0.016
	Min	1.260	0.140	0.060	1.220	0.175	0.020	1.206	1.190	0.006	1.202	1.194	0.002	1.200	1.194	0.000
1.6	Max	1.720	1.600	0.180	1.645	1.600	0.070	1.620	1.600	0.030	1.612	1.600	0.018	1.610	1.600	0.016
	Min	1.660	0.540	0.060	1.620	0.575	0.020	1.606	1.590	0.006	1.602	1.594	0.002	1.600	1.594	0.000
2	Max	2.120	2.000	0.180	2.045	2.000	0.070	2.020	2.000	0.030	2.012	2.000	0.018	2.010	2.000	0.016
	Min	2.060	1.940	0.060	2.020	1.975	0.020	2.006	1.990	0.006	2.002	1.994	0.002	2.000	1.994	0.000
2.5	Max	2.620	2.500	0.180	2.545	2.500	0.070	2.520	2.500	0.030	2.512	2.500	0.018	2.510	2.500	0.016
	Min	2.560	2.440	0.060	2.520	2.475	0.020	2.506	2.490	0.006	2.502	2.494	0.002	2.500	2.494	0.000
3	Max	3.120	3.000	0.180	3.045	3.000	0.070	3.020	3.000	0.030	3.012	3.000	0.018	3.010	3.000	0.016
	Min	3.060	2.940	0.060	3.020	2.975	0.020	3.006	2.990	0.006	3.002	2.994	0.002	3.000	2.994	0.000
4	Max	4.145	4.000	0.220	4.060	4.000	0.090	4.028	4.000	0.040	4.016	4.000	0.024	4.012	4.000	0.020
	Min	4.070	3.925	0.070	4.030	3.970	0.030	4.010	3.988	0.010	4.004	3.992	0.004	4.000	3.992	0.000
5	Max	5.145	5.000	0.220	5.060	5.000	0.090	5.028	5.000	0.040	5.016	5.000	0.024	5.012	5.000	0.020
	Min	5.070	4.925	0.070	5.030	4.970	0.030	5.010	4.988	0.010	5.004	4.992	0.004	5.000	4.992	0.000
6	Max	6.145	6.000	0.220	6.060	6.000	0.090	6.028	6.000	0.040	6.016	6.000	0.024	6.012	6.000	0.020
	Min	6.070	5.925	0.070	6.030	5.970	0.030	6.010	5.988	0.010	6.004	5.992	0.004	6.000	5.992	0.000
8	Max	8.170	8.000	0.260	8.076	8.000	0.112	8.035	8.000	0.050	8.020	8.000	0.029	8.015	8.000	0.024
	Min	8.080	7.910	0.080	8.040	7.964	0.040	8.013	7.985	0.013	8.005	7.991	0.005	8.000	7.991	0.000
10	Max	10.170	10.000	0.260	10.076	10.000	0.112	10.035	10.000	0.050	10.020	10.000	0.029	10.015	10.000	0.024
	Min	10.080	9.910	0.080	10.040	9.964	0.040	10.013	9.985	0.013	10.005	9.991	0.005	10.000	9.991	0.000
12	Max	12.205	12.000	0.315	12.093	12.000	0.136	12.043	12.000	0.061	12.024	12.000	0.035	12.018	12.000	0.029
	Min	12.095	11.890	0.095	12.050	11.957	0.050	12.016	11.982	0.016	12.006	11.989	0.006	12.000	11.989	0.000
16	Max	16.205	16.000	0.315	16.093	16.000	0.136	16.043	16.000	0.061	16.024	16.000	0.035	16.018	16.000	0.029
	Min	16.095	15.890	0.095	16.050	15.957	0.050	16.016	15.982	0.016	16.006	15.989	0.006	16.000	15.989	0.000
20	Max	20.240	20.000	0.370	20.117	20.000	0.169	20.053	20.000	0.074	20.028	20.000	0.041	20.021	20.000	0.034
	Min	20.110	19.870	0.110	20.065	19.948	0.065	20.020	19.979	0.020	20.007	19.987	0.007	20.000	19.987	0.000
25	Max	25.240	25.000	0.370	25.117	25.000	0.169	25.053	25.000	0.074	25.028	25.000	0.041	25.021	25.000	0.034
	Min	25.110	24.870	0.110	25.065	24.948	0.065	25.020	24.979	0.020	25.007	24.987	0.007	25.000	24.987	0.000
30	Max	30.240	30.000	0.370	30.117	30.000	0.169	30.053	30.000	0.074	30.028	30.000	0.041	30.021	30.000	0.034
	Min	30.110	29.870	0.110	30.065	29.948	0.065	30.020	29.979	0.020	30.007	29.987	0.007	30.000	29.987	0.000

[a] De ANSI B4.2-1978 (R1994).

13 Ajustes de holgura métricos preferidos con base en el eje[a] — Estándar Nacional Estadounidense (continuación)

Las dimensiones están en milímetros.

Tamaño básico		Corrimiento suelto			Corrimiento libre			Corrimiento cerrado			Deslizamiento			Localización de holgura		
		Orificio C11	Eje h11	Ajuste	Orificio D9	Eje h9	Ajuste	Orificio F8	Eje h7	Ajuste	Orificio G7	Eje h6	Ajuste	Orificio H7	Eje h6	Ajuste
40	Max	40.280	40.000	0.440	40.142	40.000	0.204	40.064	40.000	0.089	40.034	40.000	0.050	40.025	40.000	0.041
	Min	40.120	39.840	0.120	40.080	39.938	0.080	40.025	39.975	0.025	40.009	39.984	0.009	40.000	39.984	0.000
50	Max	50.290	50.000	0.450	50.142	50.000	0.204	50.064	50.000	0.089	50.034	50.000	0.050	50.025	50.000	0.041
	Min	50.130	49.840	0.130	50.080	49.938	0.080	50.025	49.975	0.025	50.009	49.984	0.009	50.000	49.984	0.000
60	Max	60.330	60.000	0.520	60.174	60.000	0.248	60.076	60.000	0.106	60.040	60.000	0.059	60.030	60.000	0.049
	Min	60.140	59.810	0.140	60.100	59.926	0.100	60.030	59.970	0.030	60.010	59.981	0.010	60.000	59.981	0.000
80	Max	80.340	80.000	0.530	80.174	80.000	0.248	80.076	80.000	0.106	80.040	80.000	0.059	80.030	80.000	0.049
	Min	80.150	79.810	0.150	80.100	79.926	0.100	80.030	79.970	0.030	80.010	79.981	0.010	80.000	79.981	0.000
100	Max	100.390	100.000	0.610	100.207	100.000	0.294	100.090	100.000	0.125	100.047	100.000	0.069	100.035	100.000	0.057
	Min	100.170	99.780	0.170	100.120	99.913	0.120	100.036	99.965	0.036	100.012	99.978	0.012	100.000	99.978	0.000
120	Max	120.400	120.000	0.620	120.207	120.000	0.294	120.090	120.000	0.125	120.047	120.000	0.069	120.035	120.000	0.057
	Min	120.180	119.780	0.180	120.120	119.913	0.120	120.036	119.965	0.036	120.012	119.978	0.012	120.000	119.978	0.000
160	Max	160.460	160.000	0.710	160.245	160.000	0.345	160.106	160.000	0.146	160.054	160.000	0.079	160.040	160.000	0.065
	Min	160.210	159.750	0.210	160.145	159.900	0.145	160.043	159.960	0.043	160.014	159.975	0.014	160.000	159.975	0.000
200	Max	200.530	200.000	0.820	200.285	200.000	0.400	200.122	200.000	0.168	200.061	200.000	0.090	200.046	200.000	0.075
	Min	200.240	199.710	0.240	200.170	199.885	0.170	200.050	199.954	0.050	200.015	199.971	0.015	200.000	199.971	0.000
250	Max	250.570	250.000	0.860	250.285	250.000	0.400	250.122	250.000	0.168	250.061	250.000	0.090	250.046	250.000	0.075
	Min	250.280	249.710	0.280	250.170	249.885	0.170	250.050	249.954	0.050	250.015	249.971	0.015	250.000	249.971	0.000
300	Max	300.650	300.000	0.970	300.320	300.000	0.450	300.137	300.000	0.189	300.069	300.000	0.101	300.052	300.000	0.084
	Min	300.330	299.680	0.330	300.190	299.870	0.190	300.056	299.948	0.056	300.017	299.968	0.017	300.000	299.968	0.000
400	Max	400.760	400.000	1.120	400.350	400.000	0.490	400.151	400.000	0.208	400.075	400.000	0.111	400.057	400.000	0.093
	Min	400.400	399.640	0.400	400.210	399.860	0.210	400.062	399.943	0.062	400.018	399.964	0.018	400.000	399.964	0.000
500	Max	500.880	500.000	1.280	500.385	500.000	0.540	500.165	500.000	0.228	500.083	500.000	0.123	500.063	500.000	0.103
	Min	500.480	499.600	0.480	500.230	499.845	0.230	500.068	499.937	0.068	500.020	499.960	5.020	500.000	499.960	0.000

[a] De ANSI B4.2-1978 (R1994).

14 Ajustes de interferencia y transición métricos preferidos con base en el eje[a] — Estándar Nacional Estadounidense

Las dimensiones están en milímetros.

Tamaño básico		Localiz. de transición			Localiz. de transición			Localiz. de interferencia			Avance medio			Forzado		
		Orificio K7	Eje h6	Ajuste	Orificio N7	Eje h6	Ajuste	Orificio P7	Eje h6	Ajuste	Orificio S7	Eje h6	Ajuste	Orificio U7	Eje h6	Ajuste
1	Max	1.000	1.000	0.006	0.996	1.000	0.002	0.994	1.000	0.000	0.986	1.000	−0.008	0.982	1.000	−0.012
	Min	0.990	0.994	−0.010	0.986	0.994	−0.014	0.984	0.994	−0.016	0.976	0.994	−0.024	0.972	0.994	−0.028
1.2	Max	1.200	1.200	0.006	1.196	1.200	0.002	1.194	1.200	0.000	1.186	1.200	−0.008	1.182	1.200	−0.012
	Min	1.190	1.194	−0.010	1.186	1.194	−0.014	1.184	1.194	−0.016	1.176	1.194	−0.024	1.172	1.194	−0.028
1.6	Max	1.600	1.600	0.006	1.596	1.600	0.002	1.594	1.600	0.000	1.586	1.600	−0.008	1.582	1.600	−0.012
	Min	1.590	1.594	−0.010	1.586	1.594	−0.014	1.584	1.594	−0.016	1.576	1.594	−0.024	1.572	1.594	−0.028
2	Max	2.000	2.000	0.006	1.996	2.000	0.002	1.994	2.000	0.000	1.986	2.000	−0.008	1.982	2.000	−0.012
	Min	1.990	1.994	−0.010	1.986	1.994	−0.014	1.984	1.994	−0.016	1.976	1.994	−0.024	1.972	1.994	−0.028
2.5	Max	2.500	2.500	0.006	2.496	2.500	0.002	2.494	2.500	0.000	2.486	2.500	−0.008	2.482	2.500	−0.012
	Min	2.490	2.494	−0.010	2.486	2.494	−0.014	2.484	2.494	−0.016	2.476	2.494	−0.024	2.472	2.494	−0.028
3	Max	3.000	3.000	0.006	2.996	3.000	0.002	2.994	3.000	0.000	2.986	3.000	−0.008	2.982	3.000	−0.012
	Min	2.990	2.994	−0.010	2.986	2.994	−0.014	2.984	2.994	−0.016	2.976	2.994	−0.024	2.972	2.994	−0.028
4	Max	4.003	4.000	0.011	3.996	4.000	0.004	3.992	4.000	0.000	3.985	4.000	−0.007	3.981	4.000	−0.011
	Min	3.991	3.992	−0.009	3.984	3.992	−0.016	3.980	3.992	−0.020	3.973	3.992	−0.027	3.969	3.992	−0.031
5	Max	5.003	5.000	0.011	4.996	5.000	0.004	4.992	5.000	0.000	4.985	5.000	−0.007	4.981	5.000	−0.011
	Min	4.991	4.992	−0.009	4.984	4.992	−0.016	4.980	4.992	−0.020	4.973	4.992	−0.027	4.969	4.992	−0.031
6	Max	6.003	6.000	0.011	5.996	6.000	0.004	5.992	6.000	0.000	5.985	6.000	−0.007	5.981	6.000	−0.011
	Min	5.991	5.992	−0.009	5.984	5.992	−0.016	5.980	5.992	−0.020	5.973	5.992	−0.027	5.969	5.992	−0.031
8	Max	8.005	8.000	0.014	7.996	8.000	0.005	7.991	8.000	0.000	7.983	8.000	−0.008	7.978	8.000	−0.013
	Min	7.990	7.991	−0.010	7.981	7.991	−0.019	7.976	7.991	−0.024	7.968	7.991	−0.032	7.963	7.991	−0.037
10	Max	10.005	10.000	0.014	9.996	10.000	0.005	9.991	10.000	0.000	9.983	10.000	−0.008	9.978	10.000	−0.013
	Min	9.990	9.991	−0.010	9.981	9.991	−0.019	9.976	9.991	−0.024	9.968	9.991	−0.032	9.963	9.991	−0.037
12	Max	12.006	12.000	0.017	11.995	12.000	0.006	11.989	12.000	0.000	11.979	12.000	−0.010	11.974	12.000	−0.015
	Min	11.988	11.989	−0.012	11.977	11.989	−0.023	11.971	11.989	−0.029	11.961	11.989	−0.039	11.956	11.989	−0.044
16	Max	16.006	16.000	0.017	15.995	16.000	0.006	15.989	16.000	0.000	15.979	16.000	−0.010	15.974	16.000	−0.015
	Min	15.988	15.989	−0.012	15.977	15.989	−0.023	15.971	15.989	−0.029	15.961	15.989	−0.039	15.956	15.989	−0.044
20	Max	20.006	20.000	0.019	19.993	20.000	0.006	19.986	20.000	−0.001	19.973	20.000	−0.014	19.967	20.000	−0.020
	Min	19.985	19.987	−0.015	19.972	19.987	−0.028	19.965	19.987	−0.035	19.952	19.987	−0.048	19.946	19.987	−0.054
25	Max	25.006	25.000	0.019	24.993	25.000	0.006	24.986	25.000	−0.001	24.973	25.000	−0.014	24.960	25.000	−0.027
	Min	24.985	24.987	−0.015	24.972	24.987	−0.028	24.965	24.987	−0.035	24.952	24.987	−0.048	24.939	24.987	−0.061
30	Max	30.006	30.000	0.019	29.993	30.000	0.006	29.986	30.000	−0.001	29.973	30.000	−0.014	29.960	30.000	−0.027
	Min	29.985	29.987	−0.015	29.972	29.987	−0.028	29.965	29.987	−0.035	29.952	29.987	−0.048	29.939	29.987	−0.061

[a] De ANSI B4.2-1978 (R1994). Para ver una descripción de los ajustes preferidos, consulte la tabla 12.2.

14 Ajustes de interferencia y transición métricos preferidos con base en el eje[a] — Estándar Nacional Estadounidense (continuación)

Las dimensiones están en milímetros.

Tamaño básico		Localiz. de transición			Localiz. de transición			Localiz. de interferencia			Avance medio			Forzado		
		Orificio K7	Eje h6	Ajuste	Orificio N7	Eje h6	Ajuste	Orificio P7	Eje h6	Ajuste	Orificio S7	Eje h6	Ajuste	Orificio U7	Eje h6	Ajuste
40	Max	40.007	40.000	0.023	39.992	40.000	0.008	39.983	40.000	−0.001	39.966	40.000	−0.018	39.949	40.000	−0.035
	Min	39.982	39.984	−0.018	39.967	39.984	−0.033	39.958	39.984	−0.042	39.941	39.984	−0.059	39.924	39.984	−0.076
50	Max	50.007	50.000	0.023	49.992	50.000	0.008	49.983	50.000	−0.001	49.966	50.000	−0.018	49.939	50.000	−0.045
	Min	49.982	49.984	−0.018	49.967	49.984	−0.033	49.958	49.984	−0.042	49.941	49.984	−0.059	49.914	49.984	−0.086
60	Max	60.009	60.000	0.028	59.991	60.000	0.010	59.979	60.000	−0.002	59.958	60.000	−0.023	59.924	60.000	−0.057
	Min	59.979	59.981	−0.021	59.961	59.981	−0.039	59.949	59.981	−0.051	59.928	59.981	−0.072	59.894	59.981	−0.106
80	Max	80.009	80.000	0.028	79.991	80.000	0.010	79.979	80.000	−0.002	79.952	80.000	−0.029	79.909	80.000	−0.072
	Min	79.979	79.981	−0.021	79.961	79.981	−0.039	79.949	79.981	−0.051	79.922	79.981	−0.078	79.879	79.981	−0.121
100	Max	100.010	100.000	0.032	99.990	100.000	0.012	99.976	100.000	−0.002	99.942	100.000	−0.036	99.889	100.000	−0.089
	Min	99.975	99.978	−0.025	99.955	99.978	−0.045	99.941	99.978	−0.059	99.907	99.978	−0.093	99.854	99.978	−0.146
120	Max	120.010	120.000	0.032	119.990	120.000	0.012	119.976	120.000	−0.002	119.934	120.000	−0.044	119.869	120.000	−0.109
	Min	119.975	119.978	−0.025	119.955	199.978	−0.045	119.941	119.978	−0.059	119.899	119.978	−0.101	119.834	119.978	−0.166
160	Max	160.012	160.000	0.037	159.988	160.000	0.013	159.972	160.000	−0.003	159.915	160.000	−0.060	159.825	160.000	−0.150
	Min	159.972	159.975	−0.028	159.948	159.975	−0.052	159.932	159.975	−0.068	159.875	159.975	−0.125	159.785	159.975	−0.215
200	Max	200.013	200.000	0.042	199.986	200.000	0.015	199.967	200.000	−0.004	199.895	200.000	−0.076	199.781	200.000	−0.190
	Min	199.967	199.971	−0.033	199.940	199.971	−0.060	199.921	199.971	−0.079	199.849	199.971	−0.151	199.735	199.971	−0.265
250	Max	250.013	250.000	0.042	249.986	250.000	0.015	249.967	250.000	−0.004	249.877	250.000	−0.094	249.733	250.000	−0.238
	Min	249.967	249.971	−0.033	249.940	249.971	−0.060	249.921	249.971	−0.079	249:831	249.971	−0.169	249.687	249.971	−0.313
300	Max	300.016	300.000	0.048	299.986	300.000	0.018	299.964	300.000	−0.004	299.850	300.000	−0.118	299.670	300.000	−0.298
	Min	299.964	299.968	−0.036	299.934	299.968	−0.066	299.912	299.968	−0.088	299.798	299.968	−0.202	299.618	299.968	−0.382
400	Max	400.017	400.000	0.053	399.984	400.000	0.020	399.959	400.000	−0.005	399.813	400.000	−0.151	399.586	400.000	−0.378
	Min	399.960	399.964	−0.040	399.927	399.964	−0.073	399.902	399.964	−0.098	399.756	399.964	−0.244	399.529	399.964	−0.471
500	Max	500.018	500.000	0.058	499.983	500.000	0.023	499.955	500.000	−0.005	499.771	500.000	−0.189	499.483	500.000	−0.477
	Min	499.955	499.960	−0.045	499.920	499.960	−0.080	499.892	499.960	−0.108	499.708	499.960	−0.292	499.420	499.960	−0.580

[a] De ANSI B4.2-1978 (R1994). Para ver una descripción de los ajustes preferidos, consulte la tabla 12.2.

15 Roscas de tornillo, nacional estadounidense, unificada y métrica

ESTANDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE UNIFICADO Y ROSCAS DE TORNILLO NACIONAL ESTADOUNIDENSE[a]

Diámetro nominal	Gruesa[b] NC UNC		Fina[b] NF UNF		Extra Fina[c] NEF UNEF		Diámetro nominal	Gruesa[b] NC UNC		Fina[b] NF UNF		Extra Fina[c] NEF UNEF	
	Roscas por pulg.	Taladro macho[d]	Roscas por pulg.	Taladro macho[d]	Roscas por pulg.	Taladro macho[d]		Roscas por pulg.	Taladro macho[d]	Roscas por pulg.	Taladro macho[d]	Roscas por pulg.	Taladro macho[d]
0 (.060)			80	$\frac{3}{64}$			1	8	$\frac{7}{8}$	12	$\frac{59}{64}$	20	$\frac{61}{64}$
1 (.073)	64	No. 53	72	No. 53	. . .	. . .	$1\frac{1}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .	18	1
2 (.086)	56	No. 50	64	No. 50	. . .	. . .	$1\frac{1}{8}$	7	$\frac{63}{64}$	12	$1\frac{3}{64}$	18	$1\frac{5}{64}$
3 (.099)	48	No. 47	56	No. 45	. . .	. . .	$1\frac{3}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .	18	$1\frac{9}{64}$
4 (.112)	40	No. 43	48	No. 42	. . .	. . .	$1\frac{1}{4}$	7	$1\frac{7}{64}$	12	$1\frac{11}{64}$	18	$1\frac{3}{16}$
5 (.125)	40	No. 38	44	No. 37	. . .	. . .	$1\frac{5}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .	18	$1\frac{17}{64}$
6 (.138)	32	No. 36	40	No. 33	. . .	. . .	$1\frac{3}{8}$	6	$1\frac{7}{32}$	12	$1\frac{19}{64}$	18	$1\frac{5}{16}$
8 (.164)	32	No. 29	36	No. 29	. . .	. . .	$1\frac{7}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .	18	$1\frac{3}{8}$
10 (.190)	24	No. 25	32	No. 21	. . .	. . .	$1\frac{1}{2}$	6	$1\frac{11}{32}$	12	$1\frac{27}{64}$	18	$1\frac{7}{16}$
12 (.216)	24	No. 16	28	No. 14	32	No. 13	$1\frac{9}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .	18	$1\frac{1}{2}$
$\frac{1}{4}$	20	No. 7	28	No. 3	32	$\frac{7}{32}$	$1\frac{5}{8}$	. . .	. . .	. . .	. . .	18	$1\frac{9}{16}$
$\frac{5}{16}$	18	F	24	I	32	$\frac{9}{32}$	$1\frac{11}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .	18	$1\frac{5}{8}$
$\frac{3}{8}$	16	$\frac{5}{16}$	24	Q	32	$\frac{11}{32}$	$1\frac{3}{4}$	5	$1\frac{9}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .
$\frac{7}{16}$	14	U	20	$\frac{25}{64}$	28	$\frac{13}{32}$	2	$4\frac{1}{2}$	$1\frac{25}{32}$	. . .	. . .	. . .	. . .
$\frac{1}{2}$	13	$\frac{27}{64}$	20	$\frac{29}{64}$	28	$\frac{15}{32}$	$2\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{32}$	. . .	. . .	. . .	. . .
$\frac{9}{16}$	12	$\frac{31}{64}$	18	$\frac{33}{64}$	24	$\frac{33}{64}$	$2\frac{1}{2}$	4	$2\frac{1}{4}$	. . .	. . .	. . .	. . .
$\frac{5}{8}$	11	$\frac{17}{32}$	18	$\frac{37}{64}$	24	$\frac{37}{64}$	$2\frac{3}{4}$	4	$2\frac{1}{2}$	. . .	. . .	. . .	. . .
$\frac{11}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .	24	$\frac{41}{64}$	3	4	$2\frac{3}{4}$	. . .	. . .	. . .	. . .
$\frac{3}{4}$	10	$\frac{21}{32}$	16	$\frac{11}{16}$	20	$\frac{45}{64}$	$3\frac{1}{4}$	4	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
$\frac{13}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .	20	$\frac{49}{64}$	$3\frac{1}{2}$	4	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
$\frac{7}{8}$	9	$\frac{49}{64}$	14	$\frac{13}{16}$	20	$\frac{53}{64}$	$3\frac{3}{4}$	4	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
$\frac{15}{16}$	. . .	. . .	. . .	. . .	20	$\frac{57}{64}$	4	4	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .

[a] ANSI/ASME B1.1-1989. Para las series de rosca con pasos 8, 12 y 16, vea la siguiente página.
[b] Clases 1A, 2A, 3A, 1B, 2B, 3B, 2 y 3
[c] Clases 2A, 2B, 2 y 3
[d] Para aproximadamente 75% de toda la profundidad de rosca. Para ver los tamaños decimales de brocas con letras y números, consulte el apéndice 16.

15 Roscas de tornillo nacional estadounidense, unificada y métrica (continuación)

ESTANDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE UNIFICADO Y ROSCAS DE TORNILLO NACIONAL ESTADOUNIDENSE[a] (continuación)

Diámetro nominal	Serie de paso 8[b] 8N y 8UN		Serie de paso 12[b] 12N y 12UN		Serie de paso 16[b] 16N y 16UN		Diámetro nominal	Serie de paso 8[b] 8N y 8UN		Serie de paso 12[b] 12N y 12UN		Serie de paso 16[c] 16N y 16UN	
	Roscas por pulg.	Taladro macho[c]	Roscas por pulg.	Taladro macho[c]	Roscas por pulg.	Taladro macho[c]		Roscas por pulg.	Taladro macho[c]	Roscas por pulg.	Taladro macho[c]	Roscas por pulg.[d]	Taladro macho[c]
1/2	...	...	12	27/64	...	...	2 1/16	...	...	...	...	**16**	2
9/16	...	...	12[e]	31/64	...	...	2 1/8	...	...	12	2 3/64	16	2 1/16
5/8	...	...	12	35/64	...	...	2 3/16	...	...	...	...	**16**	2 1/8
11/16	...	...	12	39/64	...	...	2 1/4	8	2 1/8	12	2 17/64	16	2 3/16
3/4	...	...	12	43/64	16[e]	11/16	2 5/16	...	...	...	...	**16**	2 1/4
13/16	...	...	12	47/64	16	3/4	2 3/8	...	...	12	2 19/64	16	2 5/16
7/8	...	...	12	51/64	16	13/16	2 7/16	...	...	...	...	**16**	2 3/8
5/16	...	...	12	55/64	16	7/8	2 1/2	8	2 3/8	12	2 27/64	16	2 7/16
1	8[e]	7/8	12	59/64	16	15/16	2 5/8	...	...	12	2 35/64	16	2 9/16
1 1/16	...	...	12	63/64	16	1	2 3/4	8	2 5/8	12	2 43/64	16	2 11/16
1 1/8	8	1	12[e]	1 3/64	16	1 1/16	2 7/8	...	...	12	...	16	...
1 3/16	...	...	12	1 7/64	16	1 1/8	3	8	2 7/8	12	...	16	...
1 1/4	8	1 1/8	12	1 11/64	16	1 3/16	3 1/8	...	...	12	...	16	...
1 5/16	...	...	12	1 15/64	16	1 1/4	3 1/4	8	...	12	...	16	...
1 3/8	8	1 1/4	12[e]	1 19/64	16	1 5/16	3 3/8	...	...	12	...	16	...
1 7/16	...	...	12	1 23/64	16	1 3/8	3 1/2	8	...	12	...	16	...
1 1/2	8	1 3/8	12[e]	1 27/64	16	1 7/16	3 5/8	...	...	12	...	16	...
1 9/16	...	...	...	...	16	1 1/2	3 3/4	8	...	12	...	16	...
1 5/8	8	1 1/2	12	1 35/64	16	1 9/16	3 7/8	...	...	12	...	16	...
1 11/16	...	...	...	...	16	1 5/8	4	8	...	12	...	16	...
1 3/4	8	1 5/8	12	1 43/64	16[e]	1 11/16	4 1/4	8	...	12	...	16	...
1 13/16	...	...	...	...	16	1 3/4	4 1/2	8	...	12	...	16	...
1 7/8	8	1 3/4	12	1 51/64	16	1 13/16	4 3/4	8	...	12	...	16	...
1 15/16	...	...	...	...	16	1 7/8	5	8	...	12	...	16	...
2	8	1 7/8	12	1 59/64	16[e]	1 15/16	5 1/4	8	...	12	...	16	...

[a] ANSI/ASME B1.1-1989.
[b] Clases 2A, 3A, 2B, 3B, 2 y 3
[c] Para aproximadamente 75% de toda la profundidad de rosca.
[d] La letra negrita indica sólo roscas nacionales americanas.
[e] Éste es un tamaño estándar de las roscas unificada o nacional estadounidense de las series gruesa, fina o extra fina. Vea la página anterior.

15 Roscas de tornillo nacional estadounidense, unificada y métrica (continuación)

ROSCAS DE TORNILLO MÉTRICAS[a]

Los tamaños preferidos para roscas y sujetadores comerciales se muestran en **negritas.**

Gruesa (propósito general)		Fina	
Tamaño nominal y paso de rosca	**Taladro macho Diámetro, mm**	**Tamaño nominal y paso de rosca**	**Taladro macho Diámetro, mm**
M1.6 × 0.35	1.25	—	—
M1.8 × 0.35	1.45	—	—
M2 × 0.4	1.6	—	—
M2.2 × 0.45	1.75	—	—
M2.5 × 0.45	2.05	—	—
M3 × 0.5	2.5	—	—
M3.5 × 0.6	2.9	—	—
M4 × 0.7	3.3	—	—
M4.5 × 0.75	3.75	—	—
M5 × 0.8	4.2	—	—
M6 × 1	5.0	—	—
M7 × 1	6.0	—	—
M8 × 1.25	6.8	**M8 × 1**	7.0
M9 × 1.25	7.75	—	—
M10 × 1.5	8.5	**M10 × 1.25**	8.75
M11 × 1.5	9.50	—	—
M12 × 1.75	10.30	**M12 × 1.25**	10.5
M14 × 2	12.00	**M14 × 1.5**	12.5
M16 × 2	14.00	**M16 × 1.5**	14.5
M18 × 2.5	15.50	**M18 × 1.5**	16.5
M20 × 2.5	17.5	**M20 × 1.5**	18.5
M22 × 25[b]	19.5	**M22 × 1.5**	20.5
M24 × 3	21.0	**M24 × 2**	22.0
M27 × 3[b]	24.0	**M27 × 2**	25.0
M30 × 3.5	26.5	**M30 × 2**	28.0
M33 × 3.5	29.5	**M30 × 2**	31.0
M36 × 4	32.0	**M36 × 2**	33.0
M39 × 4	35.0	M39 × 2	36.0
M42 × 4.5	37.5	**M42 × 2**	39.0
M45 × 4.5	40.5	M45 × 1.5	42.0
M48 × 5	43.0	**M48 × 2**	45.0
M52 × 5	47.0	M52 × 2	49.0
M56 × 5.5	50.5	**M56 × 2**	52.0
M60 × 5.5	54.5	M60 × 1.5	56.0
M64 × 6	58.0	**M64 × 2**	60.0
M68 × 6	62.0	M68 × 2	64.0
M72 × 6	66.0	**M72 × 2**	68.0
M80 × 6	74.0	**M80 × 2**	76.0
M90 × 6	84.0	**M90 × 2**	86.0
M100 × 6	94.0	**M100 × 2**	96.0

[a] ANSI/ASME B1.13M-1995.
[b] Sólo para sujetadores de acero estructural con alta fortaleza.

16 Tamaños de broca giratoria — Estándar Nacional Estadounidense y métricos

TAMAÑOS DE BROCA DEL ESTÁNDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE[a]

Todas las dimensiones están en pulgadas.

Las brocas designadas en fracciones comunes están disponibles en diámetros desde $\frac{1}{64}''$ hasta $1\frac{3}{4}''$ en incrementos de $\frac{1}{64}''$ desde $1\frac{3}{4}''$ hasta $2\frac{1}{4}''$ en incrementos de $\frac{1}{32}''$ desde $2\frac{1}{4}''$ hasta $3''$ en incrementos de $\frac{1}{16}''$ y desde $3''$ hasta $3\frac{1}{2}''$ en incrementos de $\frac{1}{8}''$. Las brocas más grandes que $3\frac{1}{2}''$ se usan muy pocas veces, y se consideran casos especiales.

Tamaño	Diámetro de broca	Tamaño	Diámetro de broca	Tamaño	Diámetro de broca	Tamaño	Diámetro de broca	Tamaño	Diámetro de broca	Tamaño	Diámetro de broca
1	.2280	17	.1730	33	.1130	49	.0730	65	.0350	81	.0130
2	.2210	18	.1695	34	.1110	50	.0700	66	.0330	82	.0125
3	.2130	19	.1660	35	.1100	51	.0670	67	.0320	83	.0120
4	.2090	20	.1610	36	.1065	52	.0635	68	.0310	84	.0115
5	.2055	21	.1590	37	.1040	53	.0595	69	.0292	85	.0110
6	.2040	22	.1570	38	.1015	54	.0550	70	.0280	86	.0105
7	.2010	23	.1540	39	.0995	55	.0520	71	.0260	87	.0100
8	.1990	24	.1520	40	.0980	56	.0465	72	.0250	88	.0095
9	.1960	25	.1495	41	.0960	57	.0430	73	.0240	89	.0091
10	.1935	26	.1470	42	.0935	58	.0420	74	.0225	90	.0087
11	.1910	27	.1440	43	.0890	59	.0410	75	.0210	91	.0083
12	.1890	28	.1405	44	.0860	60	.0400	76	.0200	92	.0079
13	.1850	29	.1360	45	.0820	61	.0390	77	.0180	93	.0075
14	.1820	30	.1285	46	.0810	62	.0380	78	.0160	94	.0071
15	.1800	31	.1200	47	.0785	63	.0370	79	.0145	95	.0067
16	.1770	32	.1160	48	.0760	64	.0360	80	.0135	96	.0063
										97	.0059

TAMAÑOS DE LETRAS

A	.234	G	.261	L	.290	Q	.332	V	.377
B	.238	H	.266	M	.295	R	.339	W	.386
C	.242	I	.272	N	.302	S	.348	X	.397
D	.246	J	.277	O	.316	T	.358	Y	.404
E	.250	K	.281	P	.323	U	.368	Z	.413
F	.257								

[a] ANSI/ASME B94.11M-1993

16 Tamaños de broca giratoria — Estándar Nacional Estadounidense y métricos (continuación)

TAMAÑOS DE BROCA MÉTRICOS

Las equivalencias en pulgadas decimales son sólo para referencia.

Diámetro de broca		Diámetro de broca		Diámetro de broca		Diámetro de broca		Diámetro de broca		Diámetro de broca	
mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.	mm	pulg.
0.40	.0157	1.95	.0768	4.70	.1850	8.00	.3150	13.20	.5197	25.50	1.0039
0.42	.0165	2.00	.0787	4.80	.1890	8.10	.3189	13.50	.5315	26.00	1.0236
0.45	.0177	2.05	.0807	4.90	.1929	8.20	.3228	13.80	.5433	26.50	1.0433
0.48	.0189	2.10	.0827	5.00	.1969	8.30	.3268	14.00	.5512	27.00	1.0630
0.50	.0197	2.15	.0846	5.10	.2008	8.40	.3307	14.25	.5610	27.50	1.0827
0.55	.0217	2.20	.0866	5.20	.2047	8.50	.3346	14.50	.5709	28.00	1.1024
0.60	.0236	2.25	.0886	5.30	.2087	8.60	.3386	14.75	.5807	28.50	1.1220
0.65	.0256	2.30	.0906	5.40	.2126	8.70	.3425	15.00	.5906	29.00	1.1417
0.70	.0276	2.35	.0925	5.50	.2165	8.80	.3465	15.25	.6004	29.50	1.1614
0.75	.0295	2.40	.0945	5.60	.2205	8.90	.3504	15.50	.6102	30.00	1.1811
0.80	.0315	2.45	.0965	5.70	.2244	9.00	.3543	15.75	.6201	30.50	1.2008
0.85	.0335	2.50	.0984	5.80	.2283	9.10	.3583	16.00	.6299	31.00	1.2205
0.90	.0354	2.60	.1024	5.90	.2323	9.20	.3622	16.25	.6398	31.50	1.2402
0.95	.0374	2.70	.1063	6.00	.2362	9.30	.3661	16.50	.6496	32.00	1.2598
1.00	.0394	2.80	.1102	6.10	.2402	9.40	.3701	16.75	.6594	32.50	1.2795
1.05	.0413	2.90	.1142	6.20	.2441	9.50	.3740	17.00	.6693	33.00	1.2992
1.10	.0433	3.00	.1181	6.30	.2480	9.60	.3780	17.25	.6791	33.50	1.3189
1.15	.0453	3.10	.1220	6.40	.2520	9.70	.3819	17.50	.6890	34.00	1.3386
1.20	.0472	3.20	.1260	6.50	.2559	9.80	.3858	18.00	.7087	34.50	1.3583
1.25	.0492	3.30	.1299	6.60	.2598	9.90	.3898	18.50	.7283	35.00	1.3780
1.30	.0512	3.40	.1339	6.70	.2638	10.00	.3937	19.00	.7480	35.50	1.3976
1.35	.0531	3.50	.1378	6.80	.2677	10.20	.4016	19.50	.7677	36.00	1.4173
1.40	.0551	3.60	.1417	6.90	.2717	10.50	.4134	20.00	.7874	36.50	1.4370
1.45	.0571	3.70	.1457	7.00	.2756	10.80	.4252	20.50	.8071	37.00	1.4567
1.50	.0591	3.80	.1496	7.10	.2795	11.00	.4331	21.00	.8268	37.50	1.4764
1.55	.0610	3.90	.1535	7.20	.2835	11.20	.4409	21.50	.8465	38.00	1.4961
1.60	.0630	4.00	.1575	7.30	.2874	11.50	.4528	22.00	.8661	40.00	1.5748
1.65	.0650	4.10	.1614	7.40	.2913	11.80	.4646	22.50	.8858	42.00	1.6535
1.70	.0669	4.20	.1654	7.50	.2953	12.00	.4724	23.00	.9055	44.00	1.7323
1.75	.0689	4.30	.1693	7.60	.2992	12.20	.4803	23.50	.9252	46.00	1.8110
1.80	.0709	4.40	.1732	7.70	.3031	12.50	.4921	24.00	.9449	48.00	1.8898
1.85	.0728	4.50	.1772	7.80	.3071	12.50	.5039	24.50	.9646	50.00	1.9685
1.90	.0748	4.60	.1811	7.90	.3110	13.00	.5118	25.00	.9843		

17 Roscas acme, propósito general[a]

Tamaño	Roscas por pulgada	Tamaño	Roscas por pulgada	Tamaño	Roscas por pulgada	Tamaño	Roscas por pulgada
$\frac{1}{4}$	16	$\frac{3}{4}$	6	$1\frac{1}{2}$	4	3	2
$\frac{5}{16}$	14	$\frac{7}{8}$	6	$1\frac{3}{4}$	4	$3\frac{1}{2}$	2
$\frac{3}{8}$	12	1	5	2	4	4	2
$\frac{7}{16}$	12	$1\frac{1}{8}$	5	$2\frac{1}{4}$	3	$4\frac{1}{2}$	2
$\frac{1}{2}$	10	$1\frac{1}{4}$	5	$2\frac{1}{2}$	3	5	2
$\frac{5}{8}$	8	$1\frac{3}{8}$	4	$2\frac{3}{4}$	3	. . .	. . .

[a] ANSI/ASME B1.5-1988 (R1994).

18 Pernos, tuercas y tornillos prisioneros — Cuadrados y hexagonales — Estándar Nacional Estadounidense y métricos

PERNOS[a] Y TUERCAS[b] CUADRADOS Y HEXAGONALES Y TORNILLOS PRISIONEROS HEXAGONALES[c] DEL ESTÁNDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE

Las **letras negritas** indican los elementos del producto unificados en forma dimensional con estándares británicos y canadienses.
Todas las dimensiones están en pulgadas.
Para series de rosca, longitudes de rosca mínimas y longitudes de perno.

Tamaño nominal D Diámetro del cuerpo del perno	Pernos regulares					Pernos pesados		
	Anchura entre los planos W		Altura H			Anchura entre los planos W	Altura H	
	Cuad.	Hex.	Cuad. (Sin term.)	Hex (Sin term.)	Torn. Pris. Hex.[c] (Term.)		Hex. (Sin term.)	Torn. Hex. (Sin term.)
1/4 0.2500	3/8	7/16	11/64	11/64	5/32	. . .	. . .	. . .
5/16 0.3125	1/2	1/2	13/64	7/32	13/64	. . .	. . .	. . .
3/8 0.3750	9/16	9/16	1/4	1/4	15/64	. . .	. . .	. . .
7/16 0.4375	5/8	5/8	19/64	19/64	9/32	. . .	. . .	. . .
1/2 0.5000	3/4	3/4	21/64	11/32	5/16	7/8	11/32	5/16
9/16 0.5625	. . .	13/16	. . .	. . .	23/64	. . .	. . .	. . .
5/8 0.6250	15/16	15/16	27/64	27/64	25/64	1 1/16	27/64	25/64
3/4 0.7500	1 1/8	1 1/8	1/2	1/2	15/32	1 1/4	1/2	15/32
7/8 0.8750	1 5/16	1 5/16	19/32	37/64	35/64	1 7/16	37/64	35/64
1 1.000	1 1/2	1 1/2	21/32	43/64	39/64	1 5/8	43/64	39/64
1 1/8 1.1250	1 11/16	1 11/16	3/4	3/4	11/16	1 13/16	3/4	11/16
1 1/4 1.2500	1 7/8	1 7/8	27/32	27/32	25/32	2	27/32	25/32
1 3/8 1.3750	2 1/16	2 1/16	29/32	29/32	27/32	2 3/16	29/32	27/32
1 1/2 1.5000	2 1/4	2 1/4	1	1	15/16	2 3/8	1	15/16
1 3/4 1.7500	. . .	2 5/8	. . .	1 5/32	1 3/32	2 3/4	1 5/32	1 3/32
2 2.0000	. . .	3	. . .	1 11/32	1 7/32	3 1/8	1 11/32	1 7/32
2 1/4 2.2500	. . .	3 3/8	. . .	1 1/2	1 3/8	3 1/2	1 1/2	1 3/8
2 1/2 2.5000	. . .	3 3/4	. . .	1 21/32	1 17/32	3 7/8	1 21/32	1 17/32
2 3/4 2.7500	. . .	4 1/8	. . .	1 13/16	1 11/16	4 1/4	1 13/16	1 11/16
3 3.0000	. . .	4 1/2	. . .	2	1 7/8	4 5/8	2	1 7/8
3 1/4 3.2500	. . .	4 7/8	. . .	2 3/16	. . .	. . .	. . .	. . .
3 1/2 3.5000	. . .	5 1/4	. . .	2 5/16	. . .	. . .	. . .	. . .
3 3/4 3.7500	. . .	5 5/8	. . .	2 1/2	. . .	. . .	. . .	. . .
4 4.0000	. . .	6	. . .	2 11/16	. . .	. . .	. . .	. . .

[a] ANSI B18.2.1-1981 (R1992)
[b] ANSI/ASME B18.2.2-1987 (R1993)
[c] Los tornillos prisioneros hexagonales y pernos hexagonales terminados se combinan como un solo producto.

18 Pernos, tuercas y tornillos prisioneros —Cuadrados y hexagonales— Estándar Nacional Estadounidense y métricos

PERNOS Y TUERCAS CUADRADOS Y HEXAGONALES Y TORNILLOS PRISIONEROS HEXAGONALES DEL ESTÁNDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE (continuación)

Vea el ANSI B18.2.2 para tuercas fiadoras, tuercas ranuradas, tuercas gruesas, tuercas gruesas ranuradas y tuercas almenadas.

Tamaño nominal D Diámetro del cuerpo del perno	Pernos regulares					Tuercas pesadas			
	Anchura entre los planos W		Grosor T			Anchura entre los planos W	Grosor T		
	Cuad.	Hex.	Cuad. (Sin term.)	Hex. plano (Sin term.)	Hex. (Term.)		Cuad. (Sin term.)	Hex. plana (Sin term.)	Hex. (Term.)
1/4 0.2500	7/16	7/16	7/32	7/32	7/32	1/2	1/4	15/64	15/64
5/16 0.3125	9/16	1/2	17/64	17/64	17/64	9/16	5/16	19/64	19/64
3/8 0.3750	5/8	9/16	21/64		21/64	11/16	3/8	23/64	23/64
7/16 0.4375	3/4	11/16	3/8	3/8	3/8	3/4	7/16	27/64	27/64
1/2 0.5000	13/16	3/4	7/16	7/16	7/16	7/8 [a]	1/2	31/64	31/64
9/16 0.5625	. . .	7/8	. . .	31/64	31/64	15/16	. . .	35/64	35/64
5/8 0.6250	1	15/16	35/64	35/64	35/64	1 1/16 [a]	5/8	39/64	39/64
3/4 0.7500	1 1/8	1 1/8	21/32	41/64	41/64	1 1/4 [a]	3/4	47/64	47/64
7/8 0.8750	1 5/16	1 5/16	49/64	3/4	3/4	1 7/16 [a]	7/8	55/64	55/64
1 1.0000	1 1/2	1 1/2	7/8	55/64	55/64	1 5/8 [a]	1	63/64	63/64
1 1/8 1.1250	1 11/16	1 11/16	1	1	31/32	1 13/16 [a]	1 1/8	1 1/8	1 7/64
1 1/4 1.2500	1 7/8	1 7/8	1 3/32	1 3/32	1 1/16	2 [a]	1 1/4	1 1/4	1 7/32
1 3/8 1.3750	2 1/16	2 1/16	1 13/64	1 13/64	1 11/64	2 3/16 [a]	1 3/8	1 3/8	1 11/32
1 1/2 1.5000	2 1/4	2 1/4	1 5/16	1 5/16	1 9/32	2 3/8 [a]	1 1/2	1 1/2	1 15/32
1 5/8 1.6250	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	2 9/16	. . .	. . .	1 19/32
1 3/4 1.7500	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	2 3/4	. . .	1 3/4	1 23/32
1 7/8 1.8750	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	2 15/16	. . .	. . .	1 27/32
2 2.0000	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3 1/8	. . .	2	1 31/32
2 1/4 2.2500	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3 1/2	. . .	2 1/4	2 13/64
2 1/2 2.5000	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3 7/8	. . .	2 1/2	2 29/64
2 3/4 2.7500	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	4 1/4	. . .	2 3/4	2 45/64
3 3.0000	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	4 5/8	. . .	3	2 61/64
3 1/4 3.2500	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	5	. . .	3 1/4	3 3/16
3 1/2 3.5000	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	5 3/8	. . .	3 1/2	3 7/16
3 3/4 3.7500	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	5 3/4	. . .	3 3/4	3 11/16
4 4.0000	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	6 1/8	. . .	4	3 15/16

[a] Elemento del producto no unificado para tuercas cuadradas pesadas.

18 Pernos, tuercas y tornillos prisioneros —Cuadrados y hexagonales— Estándar Nacional Estadounidense y métricos

PERNOS HEXAGONALES MÉTRICOS, TORNILLOS PRISIONEROS HEXAGONALES, PERNOS ESTRUCTURALES HEXAGONALES Y TUERCAS HEXAGONALES

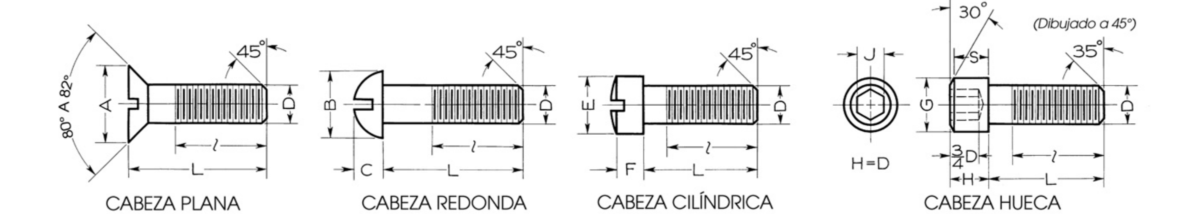
Tamaño nominal D, mm	Anchura entre los planos W (máx)		Grosor T (máx)			
Diámetro del cuerpo y paso de rosca	Pernos,[a] tornillos prisioneros[b] y tuercas[c]	Pernos[a] y tuercas[c] estructurales hex y pesadas hex.	Pernos (Sin term.)	Tornillos prisioneros (Term.)	Tuerca (Term. O sin term.) Estilo 1	Tuerca (Term. O sin term.) Estilo 2
M5 × 0.8	8.0		3.88	3.65	4.7	5.1
M6 × 1	10.0		4.38	4.47	5.2	5.7
M8 × 1.25	13.0		5.68	5.50	6.8	7.5
M10 × 1.5	16.0		6.85	6.63	8.4	9.3
M12 × 1.75	18.0	21.0	7.95	7.76	10.8	12.0
M14 × 2	21.0	24.0	9.25	9.09	12.8	14.1
M16 × 2	24.0	27.0	10.75	10.32	14.8	16.4
M20 × 2.5	30.0	34.0	13.40	12.88	18.0	20.3
M24 × 3	36.0	41.0	15.90	15.44	21.5	23.9
M30 × 3.5	46.0	50.0	19.75	19.48	25.6	28.6
M36 × 4	55.0	60.0	23.55	23.38	31.0	34.7
M42 × 4.5	65.0		27.05	26.97	. . .	. . .
M48 × 5	75.0		31.07	31.07	. . .	. . .
M56 × 5.5	85.0		36.20	36.20	. . .	. . .
M64 × 6	95.0		41.32	41.32	. . .	. . .
M72 × 6	105.0		46.45	46.45	. . .	. . .
M80 × 6	115.0		51.58	51.58	. . .	. . .
M90 × 6	130.0		57.74	57.74	. . .	. . .
M100 × 6	145.0		63.90	63.90	. . .	. . .

PERNOS HEXAGONALES[a] (TERM.) Y TUERCAS HEXAGONALES[c] CON ALTA FORTALEZA ESTRUCTURAL

M16 × 2	27.0	. . .	10.75	. . .	. . .	17.1
M20 × 2.5	34.0	. . .	13.40	. . .	. . .	20.7
M22 × 2.5	36.0	. . .	14.9	. . .	. . .	23.6
M24 × 3	41.0	. . .	15.9	. . .	. . .	24.2
M27 × 3	46.0	. . .	17.9	. . .	. . .	27.6
M30 × 3.5	50.0	. . .	19.75	. . .	. . .	31.7
M36 × 4	60.0	. . .	23.55	. . .	. . .	36.6

[a] ANSI/ASME B18.2.3.5M-1979 (R1995), B18.2.3.6M-1979 (R1995), B18.2.3.7M-1979 (R1995).
[b] ANSI/ASME B18.2.3.1M-1979 (R1995).
[c] ANSI/ASME B18.2.3.1M-1979 (R1995).

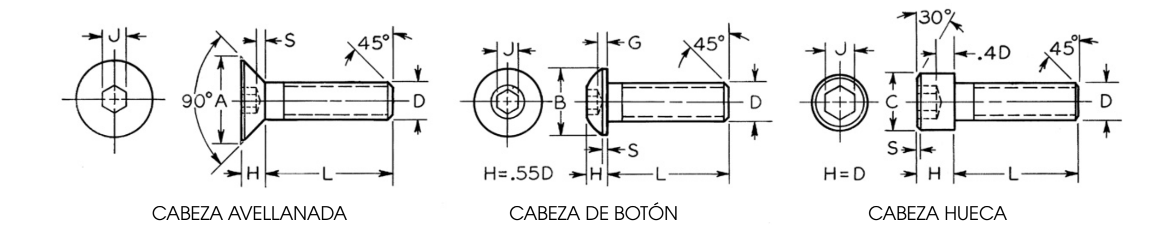
19 Tornillos prisioneros, con cabeza ranurada[a] y cabeza hueca[b] — Estándar Nacional Estadounidense y métricos



Tamaño nominal D	Cab. plana[a]	Cabeza redonda[a]		Cabeza cilíndrica [a]		Cabeza hueca [b]		
	A	B	C	E	F	G	J	S
0 (.060)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.096	.05	.054
1 (.073)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.118	1/16	.066
2 (.086)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.140	5/64	.077
3 (.099)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.161	5/64	.089
4 (.112)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.183	3/32	.101
5 (.125)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.205	3/32	.112
6 (.138)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.226	7/64	.124
8 (.164)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.270	9/64	.148
10 (.190)	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	.312	5/32	.171
1/4	.500	.437	.191	.375	.172	.375	3/16	.225
5/16	.625	.562	.245	.437	.203	.469	1/4	.281
3/8	.750	.675	.273	.562	.250	.562	5/16	.337
7/16	.812	.750	.328	.625	.297	.656	3/8	.394
1/2	.875	.812	.354	.750	.328	.750	3/8	.450
9/16	1.000	.937	.409	.812	.375	. . .	. . .	. . .
5/8	1.125	1.000	.437	.875	.422	.938	1/2	.562
3/4	1.375	1.250	.546	1.000	.500	1.125	5/8	.675
7/8	1.625	. . .	. . .	1.125	.594	1.312	3/4	.787
1	1.875	. . .	. . .	1.312	.656	1.500	3/4	.900
1 1/8	2.062	. . .	. . .	. . .	. . .	1.688	7/8	1.012
1 1/4	2.312	. . .	. . .	. . .	. . .	1.875	7/8	1.125
1 3/8	2.562	. . .	. . .	. . .	. . .	2.062	1	1.237
1 1/2	2.812	. . .	. . .	. . .	. . .	2.250	1	1.350

[a] ANSI/ASME B18.6.2-1995.
[b] ANSI/ASME B18.3-1986 (R1995). Para tornillos de cabeza hexagonal, vea el apéndice 18.

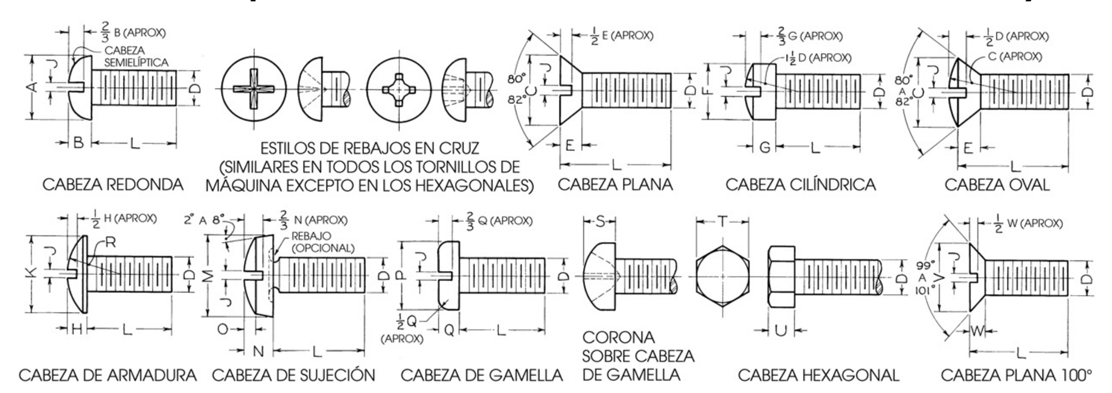
19 Tornillos prisioneros, con cabeza ranurada[a] y cabeza hueca[b] — Estándar Nacional Estadounidense y métricos (continuación)



Tornillos prisioneros con cabeza hueca métricos									
Tamaño Nominal D	Cabeza avellanada[a]			Cabeza de botón[a]			Cabeza hueca[b]		Tamaño de hueco hexagonal
	A (max)	H	S	B	S	G	C	S	J
M1.6 × 0.35	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3.0	0.16	1.5
M2 × 0.4	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	3.8	0.2	1.5
M2.5 × 0.45	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	4.5	0.25	2.0
M3 × 0.5	6.72	1.86	0.25	5.70	0.38	0.2	5.5	0.3	2.5
M4 × 0.7	8.96	2.48	0.45	7.6	0.38	0.3	7.0	0.4	3.0
M5 × 0.8	11.2	3.1	0.66	9.5	0.5	0.38	8.5	0.5	4.0
M6 × 1	13.44	3.72	0.7	10.5	0.8	0.74	10.0	0.6	5.0
M8 × 1.25	17.92	4.96	1.16	14.0	0.8	1.05	13.0	0.8	6.0
M10 × 1.5	22.4	6.2	1.62	17.5	0.8	1.45	16.0	1.0	8.0
M12 × 1.75	26.88	7.44	1.8	21.0	0.8	1.63	18.0	1.2	10.0
M14 × 2	30.24	8.12	2.0	. . .	. . .	. . .	21.0	1.4	12.0
M16 × 2	33.6	8.8	2.2	28.0	1.5	2.25	24.0	1.6	14.0
M20 × 2.5	19.67	10.16	2.2	. . .	. . .	. . .	30.0	2.0	17.0
M24 × 3	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	36.0	2.4	19.0
M30 × 3.5	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	45.0	3.0	22.0
M36 × 4	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	54.0	3.6	27.0
M42 × 4.5	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	63.0	4.2	32.0
M48 × 5	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	72.0	4.8	36.0

[a] ANSI/ASME B18.3.4M–1986 (R1993).
[b] ANSI/ASME B18.3.1M–1986 (R1993).

20 Tornillos de máquina—Estándares Nacional Estadounidense y métricos



TORNILLOS DE MÁQUINA DEL ESTÁNDAR NACIONAL ESTADOUNIDENSE[a]

Longitudes de rosca: En tornillos de 2” de longitud y más cortos, las roscas se extienden hasta dos roscas de la cabeza y más cerca si esto resulta práctico; los tornillos más largos tienen una longitud de rosca mínima de $1\frac{3}{4}''$.
Puntas: Los tornillos de máquina se hacen de manera regular con extremos de corte plano, sin biselar.
Roscas: Pueden ser de las series de rosca gruesa o fina, ajuste de clase 2.
Cabezas rebajadas: Existen dos tipos de rebajos en cruz para todos los tornillos, excepto la cabeza hexagonal.

Tamaño nominal	Diámetro max D	Cabeza redonda		Cabeza oval y cabeza plana		Cabeza cilíndrica		Cabeza de armadura			Anchura de ranura
		A	B	C	E	F	G	K	H	R	J
0	0.060	0.113	0.053	0.119	0.035	0.096	0.045	0.131	0.037	0.087	0.023
1	0.073	0.138	0.061	0.146	0.043	0.118	0.053	0.164	0.045	0.107	0.026
2	0.086	0.162	0.069	0.172	0.051	0.140	0.062	0.194	0.053	0.129	0.031
3	0.099	0.187	0.078	0.199	0.059	0.161	0.070	0.226	0.061	0.151	0.035
4	0.112	0.211	0.086	0.225	0.067	0.183	0.079	0.257	0.069	0.169	0.039
5	0.125	0.236	0.095	0.252	0.075	0.205	0.088	0.289	0.078	0.191	0.043
6	0.138	0.260	0.103	0.279	0.083	0.226	0.096	0.321	0.086	0.211	0.048
8	0.164	0.309	0.120	0.332	0.100	0.270	0.113	0.384	0.102	0.254	0.054
10	0.190	0.359	0.137	0.385	0.116	0.313	0.130	0.448	0.118	0.283	0.060
12	0.216	0.408	0.153	0.438	0.132	0.357	0.148	0.511	0.134	0.336	0.067
$\frac{1}{4}$	0.250	0.472	0.175	0.507	0.153	0.414	0.170	0.573	0.150	0.375	0.075
$\frac{5}{16}$	0.3125	0.590	0.216	0.635	0.191	0.518	0.211	0.698	0.183	0.457	0.084
$\frac{3}{8}$	0.375	0.708	0.256	0.762	0.230	0.622	0.253	0.823	0.215	0.538	0.094
$\frac{7}{16}$	0.4375	0.750	0.328	0.812	0.223	0.625	0.265	0.948	0.248	0.619	0.094
$\frac{1}{2}$	0.500	0.813	0.355	0.875	0.223	0.750	0.297	1.073	0.280	0.701	0.106
$\frac{9}{16}$	0.5625	0.938	0.410	1.000	0.260	0.812	0.336	1.198	0.312	0.783	0.118
$\frac{5}{8}$	0.625	1.000	0.438	1.125	0.298	0.875	0.375	1.323	0.345	0.863	0.133
$\frac{3}{4}$	0.750	1.250	0.547	1.375	0.372	1.000	0.441	1.573	0.410	1.024	0.149

Tamaño nominal	Diámetro max D	Cabeza de sujeción			Cabeza de gamella			Cabeza hexagonal		Cabeza plana 100°		Anchura de ranura
		M	N	O	P	Q	S	T	U	V	W	J
2	0.086	0.181	0.050	0.018	0.167	0.053	0.062	0.125	0.050	. . .	. . .	0.031
3	0.099	0.208	0.059	0.022	0.193	0.060	0.071	0.187	0.055	. . .	. . .	0.035
4	0.112	0.235	0.068	0.025	0.219	0.068	0.080	0.187	0.060	0.225	0.049	0.039
5	0.125	0.263	0.078	0.029	0.245	0.075	0.089	0.187	0.070	. . .	. . .	0.043
6	0.138	0.290	0.087	0.032	0.270	0.082	0.097	0.250	0.080	0.279	0.060	0.048
8	0.164	0.344	0.105	0.039	0.322	0.096	0.115	0.250	0.110	0.332	0.072	0.054
10	0.190	0.399	0.123	0.045	0.373	0.110	0.133	0.312	0.120	0.385	0.083	0.060
12	0.216	0.454	0.141	0.052	0.425	0.125	0.151	0.312	0.155	. . .	. . .	0.067
$\frac{1}{4}$	0.250	0.513	0.165	0.061	0.492	0.144	0.175	0.375	0.190	0.507	0.110	0.075
$\frac{5}{16}$	0.3125	0.641	0.209	0.077	0.615	0.178	0.218	0.500	0.230	0.635	0.138	0.084
$\frac{3}{8}$	0.375	0.769	0.253	0.094	0.740	0.212	0.261	0.562	0.295	0.762	0.165	0.094
$\frac{7}{16}$	.4375	. . .	. . .	. . .	.865	.247	.305	. . .	. . .	. . .	. . .	.094
$\frac{1}{2}$	.500	. . .	. . .	. . .	.987	.281	.348	. . .	. . .	. . .	. . .	.106
$\frac{9}{16}$	.5625	. . .	. . .	. . .	1.041	.315	.391	. . .	. . .	. . .	. . .	.118
$\frac{5}{8}$	.625	. . .	. . .	. . .	1.172	.350	.434	. . .	. . .	. . .	. . .	.133
$\frac{3}{4}$	.750	. . .	. . .	. . .	1.435	.419	.521	. . .	. . .	. . .	. . .	.149

20 Tornillos de máquina — Estándares Nacional Estadounidense y métricos (continuación)

TORNILLOS DE MÁQUINA MÉTRICOS

Longitudes de rosca: En tornillos de 36 mm de longitud o más cortos, las roscas se extienden hasta una rosca de la cabeza; en tornillos más largos la rosca se extiende hasta dos roscas de la cabeza.
Puntas: Los tornillos de máquina se hacen de manera regular con extremos de corte plano, sin biselar.
Roscas: Se proporcionan series de rosca gruesa (propósito general).
Cabezas rebajadas: Existen dos tipos de rebajos en cruz para todos los tornillos, excepto la cabeza hexagonal.

Tamaño nominal y paso de rosca	Dia. Max. D. mm	Cabezas planas y cabeza oval		Cabezas de gamella			Cabeza hex		Anchura de ranura
		C	E	P	Q	S	T	U	J
M2 × M	2.0	3.5	1.2	4.0	1.3	1.6	3.2	1.6	0.7
M2.5 × 0.45	2.5	4.4	1.5	5.0	1.5	2.1	4.0	2.1	0.8
M3 × 0.5	3.0	5.2	1.7	5.6	1.8	2.4	5.0	2.3	1.0
M3.5 × 0.6	3.5	6.9	2.3	7.0	2.1	2.6	5.5	2.6	1.2
M4 × 0.7	4.0	8.0	2.7	8.0	2.4	3.1	7.0	3.0	1.5
M5 × 0.8	5.0	8.9	2.7	9.5	3.0	3.7	8.0	3.8	1.5
M6 × 1	6.0	10.9	3.3	12.0	3.6	4.6	10.0	4.7	1.9
M8 × 1.25	8.0	15.14	4.6	16.0	4.8	6.0	13.0	6.0	2.3
M10 × 1.5	10.0	17.8	5.0	20.0	6.0	7.5	15.0	7.5	2.8
M12 × 1.75	12.0	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	18.0	9.0	. . .

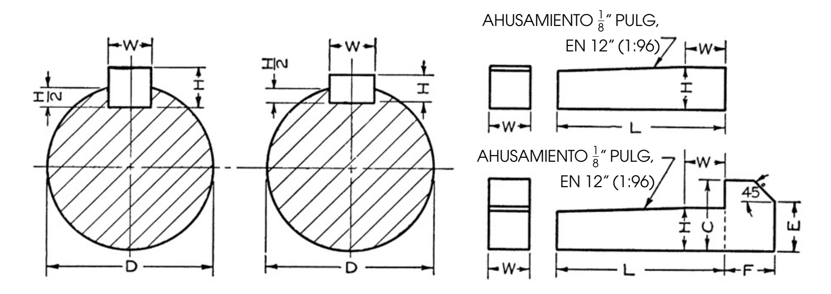
Tamaño nominal	Longitudes de tornillos de máquina métricos—L[a]																					
	2.5	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90
M2 × 0.4	PH	A	A	A	A	A	A	A	A	A												
M2.5 × 0.45		PH	A	A	A	A	A	A	A	A	A											
M3 × 0.5			PH	A	A	A	A	A	A	A	A	A										
M3.5 × 0.6				PH	A	A	A	A	A	A	A	A	A									
M4 × 0.7				PH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A								
M5 × 0.8					PH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A						
M6 × 1						A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A				
M8 × 1.25							A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
M10 × 1.5								A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
M12 × 1.75									A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Longitud ros. min. — 28 mm

Longitud ros. min. — 38 mm

[a]PH = longitudes recomendadas sólo para tornillos métricos con cabeza de gamella y hex.
A = longitudes recomendadas para todos los estilos de cabeza en tornillos métricos.

21 Cuñas — Cuadradas, planas, ahusadas[a] y con cabeza de chaveta



Diámetros de eje	Cuña existente cuadrada	Cuña existente plana	Cuña existente ahusada con cabeza de chaveta					
			Cuadrada			Plana		
			Altura	Longitud	Altura hasta el bisel	Altura	Longitud	Altura hasta el bisel
D	W = H	W × H	C	F	E	C	F	E
$\frac{1}{2}$ a $\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8} \times \frac{3}{32}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{5}{8}$ a $\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16} \times \frac{1}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{15}{16}$ a $1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \times \frac{3}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{32}$	$\frac{11}{32}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{5}{16}$ a $1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16} \times \frac{1}{4}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$
$1\frac{7}{16}$ a $1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8} \times \frac{1}{4}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{15}{32}$	$\frac{15}{32}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$
$1\frac{13}{16}$ a $2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{19}{32}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{16}$
$2\frac{5}{16}$ a $2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8} \times \frac{7}{16}$	$1\frac{1}{16}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$
$2\frac{7}{8}$ a $3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$
$3\frac{3}{8}$ a $3\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8} \times \frac{5}{8}$	$1\frac{1}{2}$	1	1	$1\frac{1}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{4}$
$3\frac{7}{8}$ a $4\frac{1}{2}$	1	$1 \times \frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{16}$	$1\frac{3}{16}$	$1\frac{1}{4}$	1	$\frac{13}{16}$
$4\frac{3}{4}$ a $5\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4} \times \frac{7}{8}$	2	$1\frac{7}{16}$	$1\frac{7}{16}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	1
$5\frac{3}{4}$ a 6	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2} \times 1$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	1

[a] Las cuñas planas y cuadradas con ahusamiento tienen las mismas dimensiones que las cuñas existentes paralelas planas, con la adición del ahusamiento en la parte superior. Las cuñas planas y cuadradas ahusadas con cabeza de chaveta tienen las mismas dimensiones que las cuñas ahusadas planas, con la adición de la cabeza de chaveta.

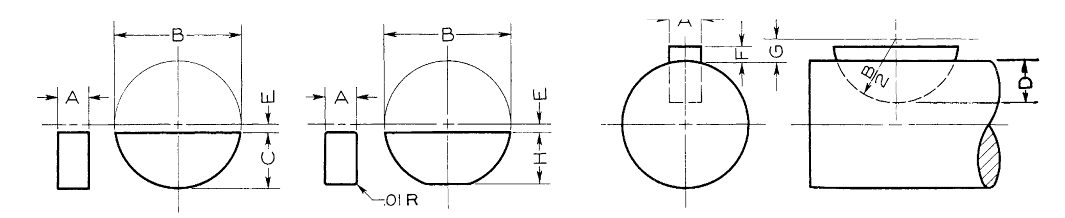
Longitudes existentes para las cuñas ahusadas con cabeza de chaveta y ahusadas planas: La longitud existente mínima es igual a 4W, y la máxima es igual a 16W. Los incrementos en la longitud son iguales a 2W.

22 Roscas de tornillo[a], cuadrados y Acme

Tamaño	Roscas por pulgada	Tamaño	Roscas por pulgada	Tamaño	Roscas por pulgada	Tamaño	Roscas por pulgada
$\frac{3}{8}$	12	$\frac{7}{8}$	5	2	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{3}$
$\frac{7}{16}$	10	1	5	$2\frac{1}{4}$	2	$3\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{3}$
$\frac{1}{2}$	10	$1\frac{1}{8}$	4	$2\frac{1}{2}$	2	4	$1\frac{1}{3}$
$\frac{9}{16}$	8	$1\frac{1}{4}$	4	$2\frac{3}{4}$	2	$4\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{3}$
$\frac{5}{8}$	8	$1\frac{1}{2}$	3	3	$1\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	1
$\frac{3}{4}$	6	$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	más de $4\frac{1}{2}$	1

[a] Para ver roscas Acme de propósito general, consulte el apéndice 17.

23 Cuñas Woodruff[a] — Estándar Nacional Estadounidense



Cuña No.[b]	Tamaños nominales				Tamaños máximos			Cuña No.[b]	Tamaños nominales				Tamaños máximos		
	A × B	E	F	G	H	D	C		A × B	E	F	G	H	D	C
204	$\frac{1}{16} \times \frac{1}{2}$	$\frac{3}{64}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{5}{64}$	.194	.1718	.203	808	$\frac{1}{4} \times 1$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	.428	.3130	.438
304	$\frac{3}{32} \times \frac{1}{2}$	$\frac{3}{64}$	$\frac{3}{64}$	$\frac{3}{32}$	.194	.1561	.203	809	$\frac{1}{4} \times 1\frac{1}{8}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{13}{64}$	.475	.3590	.484
305	$\frac{3}{32} \times \frac{5}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{64}$	$\frac{7}{64}$	.240	.2031	.250	810	$\frac{1}{4} \times 1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{13}{64}$	.537	.4220	.547
404	$\frac{1}{8} \times \frac{1}{2}$	$\frac{3}{64}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{7}{64}$	.194	.1405	.203	811	$\frac{7}{4} \times 1\frac{3}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{7}{32}$	.584	.4690	.594
405	$\frac{1}{8} \times \frac{5}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	.240	.1875	.250	812	$\frac{1}{4} \times 1\frac{1}{2}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{15}{64}$	.631	.5160	.641
406	$\frac{1}{8} \times \frac{3}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	.303	.2505	.313	1008	$\frac{5}{16} \times 1$	$\frac{1}{16}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{7}{32}$	.428	.2818	.438
505	$\frac{5}{32} \times \frac{5}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{9}{64}$	.240	.1719	.250	1009	$\frac{5}{16} \times 1\frac{1}{8}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{15}{64}$	.475	.3278	.484
506	$\frac{5}{32} \times \frac{3}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{9}{64}$	.303	.2349	.313	1010	$\frac{5}{16} \times 1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{15}{64}$	.537	.3908	.547
507	$\frac{5}{32} \times \frac{7}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{9}{64}$	.365	.2969	.375	1011	$\frac{5}{16} \times 1\frac{3}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{8}{32}$	.584	.4378	.594
606	$\frac{3}{16} \times \frac{3}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{5}{32}$	.303	.2193	.313	1012	$\frac{5}{16} \times 1\frac{1}{2}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{17}{64}$	.631	.4848	.641
607	$\frac{3}{16} \times \frac{7}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{5}{32}$	.365	.2813	.375	1210	$\frac{3}{8} \times 1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{17}{64}$	.537	.3595	.547
608	$\frac{3}{16} \times 1$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{5}{32}$	.428	.3443	.438	1211	$\frac{3}{8} \times 1\frac{3}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{32}$	.584	.4065	.594
609	$\frac{3}{16} \times 1\frac{1}{8}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{11}{64}$	.475	.3903	.484	1212	$\frac{3}{8} \times 1\frac{1}{2}$	$\frac{7}{64}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{19}{64}$	.631	.4535	.641
807	$\frac{1}{4} \times \frac{7}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	.365	.2500	.375	. . .	. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .

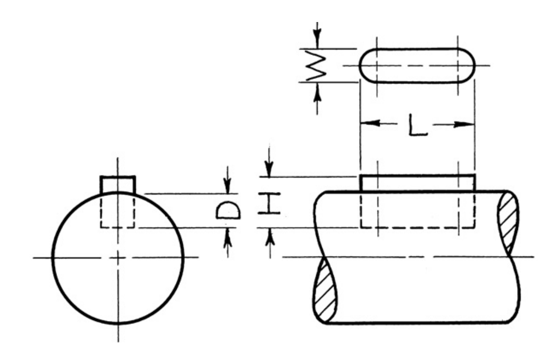
[a] ANSI B17.2–1967 (R1990).
[b] Los números de cuña indican las dimensiones de cuña nominales. Los dos últimos dígitos proporcionan el diámetro nominal B en octavos de pulgada, y los dígitos anteriores a los dos últimos dan la anchura nominal A en treintavos de pulgada.

24 Tamaños de cuña Woodruff para diferentes ejes de diámetro[a]

Diámetro de eje	$\frac{5}{16}$ a $\frac{3}{8}$	$\frac{7}{16}$ a $\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$ a $\frac{3}{4}$	$\frac{13}{16}$ a $\frac{15}{16}$	1 a $1\frac{3}{16}$	$1\frac{1}{4}$ a $1\frac{7}{16}$	$1\frac{1}{2}$ a $1\frac{3}{4}$	$1\frac{13}{16}$ a $2\frac{1}{8}$	$2\frac{3}{16}$ a $2\frac{1}{2}$
Números de cuña	204	304 305	404 405 406	505 506 507	606 607 608 609	807 808 809	810 811 812	1011 1012	1211 1212

[a] Tamaños sugeridos; no estándar

25 Cuñas de extremo redondo Pratt y Whitney



CUÑAS HECHAS CON EXTREMOS REDONDOS Y CUÑEROS CORTADOS EN FRESA RANURADORA

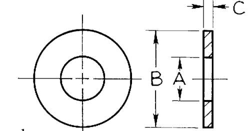
La longitud máxima de ranura es 4” + W. Observe que, en todos los casos, dos tercios de la cuña están hundidos en el eje.

Cuña no.	L[a]	W o D	H	Cuña no.	L[a]	W o D	H
1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{3}{32}$	22	$1\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
2	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{9}{64}$	23	$1\frac{1}{38}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{32}$
3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	F	$1\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$
4	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{9}{64}$	24	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
5	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	25	$1\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{32}$
6	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{15}{64}$	G	$1\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$
7	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	51	$1\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
8	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{15}{64}$	52	$1\frac{3}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{32}$
9	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{32}$	53	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$
10	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{15}{64}$	26	2	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{32}$
11	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{32}$	27	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
12	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{21}{64}$	28	2	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{32}$
A	$\frac{7}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	29	2	$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$
13	1	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{32}$	54	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
14	1	$\frac{7}{32}$	$\frac{21}{64}$	55	$2\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{32}$
15	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	56	$2\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$
B	1	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{32}$	57	$2\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{21}{32}$
16	$1\frac{1}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{32}$	58	$2\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{32}$
17	$1\frac{1}{8}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{21}{64}$	59	$2\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$
18	$1\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	60	$2\frac{1}{2}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{21}{32}$
C	$1\frac{1}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{32}$	61	$2\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
19	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{9}{32}$	30	3	$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$
20	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{21}{64}$	31	3	$\frac{7}{16}$	$\frac{21}{32}$
21	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	32	3	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
D	$1\frac{1}{4}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{15}{32}$	33	3	$\frac{9}{16}$	$\frac{27}{32}$
E	$1\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	34	3	$\frac{5}{8}$	$\frac{15}{16}$

[a] La longitud L puede variar respecto a la tabla, pero es igual a al menos 2W.

26 Arandelas planas[a]— Estándar Nacional Estadounidense

Para listas de partes proporcione el diámetro interior,
el diámetro exterior y el grosor; por ejemplo,
ARANDELA PLANA TIPO A .344 × .688 × .065

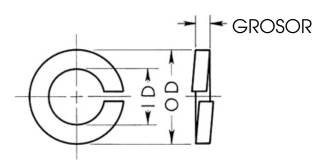


TAMAÑOS PREFERIDOS DE ARANDELAS PLANAS TIPO A[b]

Tamaño de arandela nominal[c]			Diámetro interno	Diámetro externo	Grosor nominal
			A	B	C
...	...		0.078	0.188	0.020
...	...		0.094	0.250	0.020
...	...		0.125	0.312	0.032
No. 6	0.138		0.156	0.375	0.049
No. 8	0.164		0.188	0.438	0.049
No. 10	0.190		0.219	0.500	0.049
$\frac{3}{16}$	0.188		0.250	0.562	0.049
No. 12	0.216		0.250	0.562	0.065
$\frac{1}{4}$	0.250	N	0.281	0.625	0.065
$\frac{1}{4}$	0.250	W	0.312	0.734	0.065
$\frac{5}{16}$	0.312	N	0.344	0.688	0.065
$\frac{5}{16}$	0.312	W	0.375	0.875	0.083
$\frac{3}{8}$	0.375	N	0.406	0.812	0.065
$\frac{3}{8}$	0.375	W	0.438	1.000	0.083
$\frac{7}{16}$	0.438	N	0.469	0.922	0.065
$\frac{7}{16}$	0.438	W	0.500	1.250	0.083
$\frac{1}{2}$	0.500	N	0.531	1.062	0.095
$\frac{1}{2}$	0.500	W	0.562	1.375	0.109
$\frac{9}{16}$	0.562	N	0.594	1.156	0.095
$\frac{9}{16}$	0.562	W	0.625	1.469	0.109
$\frac{5}{8}$	0.625	N	0.656	1.312	0.095
$\frac{5}{8}$	0.625	W	0.688	1.750	0.134
$\frac{3}{4}$	0.750	N	0.812	1.469	0.134
$\frac{3}{4}$	0.750	W	0.812	2.000	0.148
$\frac{7}{8}$	0.875	N	0.938	1.750	0.134
$\frac{7}{8}$	0.875	W	0.938	2.250	0.165
1	1.000	N	1.062	2.000	0.134
1	1.000	W	1.062	2.500	0.165
$1\frac{1}{8}$	1.125	N	1.250	2.250	0.134
$1\frac{1}{8}$	1.125	W	1.250	2.750	0.165
$1\frac{1}{4}$	1.250	N	1.375	2.500	0.165
$1\frac{1}{4}$	1.250	W	1.375	3.000	0.165
$1\frac{3}{8}$	1.375	N	1.500	2.750	0.165
$1\frac{3}{8}$	1.375	W	1.500	3.250	0.180
$1\frac{1}{2}$	1.500	N	1.625	3.000	0.165
$1\frac{1}{2}$	1.500	W	1.625	3.500	0.180
$1\frac{5}{8}$	1.625		1.750	3.750	0.180
$1\frac{3}{4}$	1.750		1.875	4.000	0.180
$1\frac{7}{8}$	1.875		2.000	4.250	0.180
2	2.000		2.125	4.500	0.180
$2\frac{1}{4}$	2.250		2.375	4.750	0.220
$2\frac{1}{2}$	2.500		2.625	5.000	0.238
$2\frac{3}{4}$	2.750		2.875	5.250	0.259
3	3.000		3.125	5.500	0.284

[a] De ANSI B18.22.1-1965 (R1981). Para un listado completo, vea el estándar.
[b] Los tamaños preferidos son para la mayor parte de las series designadas con anterioridad "Placa estándar" y "SAE." Cuando existen tamaños comunes en las dos series, el tamaño SAE se denomina "N" (estrecho) y la placa estándar "W" (amplio).
[c] Los tamaños de arandela nominales están diseñados para usarse con tamaños de tornillo o perno nominales comparables.

27 Arandelas de presión[a] — Estándar Nacional Estadounidense



Para listas de partes proporcione el tamaño nominal y la serie; por ejemplo,
ARANDELA DE PRESIÓN REGULAR $\frac{1}{4}$ SERIE PREFERIDA

Tamaño de arandela nominal		Diámetro interno, min.	Regular		Trabajo extra		Collarín alto	
			Diámetro externo, max.	Grosor, min.	Diámetro externo, max.	Grosor, min.	Diámetro externo, max.	Grosor, min.
No. 2	0.086	0.088	0.172	0.020	0.208	0.027	. . .	. . .
No. 3	0.099	0.101	0.195	0.025	0.239	0.034	. . .	. . .
No. 4	0.112	0.115	0.209	0.025	0.253	0.034	0.173	0.022
No. 5	0.125	0.128	0.236	0.031	0.300	0.045	0.202	0.030
No. 6	0.138	0.141	0.250	0.031	0.314	0.045	0.216	0.030
No. 8	0.164	0.168	0.293	0.040	0.375	0.057	0.267	0.047
No. 10	0.190	0.194	0.334	0.047	0.434	0.068	0.294	0.047
No. 12	0.216	0.221	0.377	0.056	0.497	0.080	. . .	. . .
$\frac{1}{4}$	0.250	0.255	0.489	0.062	0.535	0.084	0.365	0.078
$\frac{5}{16}$	0.312	0.318	0.586	0.078	0.622	0.108	0.460	0.093
$\frac{3}{8}$	0.375	0.382	0.683	0.094	0.741	0.123	0.553	0.125
$\frac{7}{16}$	0.438	0.446	0.779	0.109	0.839	0.143	0.647	0.140
$\frac{1}{2}$	0.500	0.509	0.873	0.125	0.939	0.162	0.737	0.172
$\frac{9}{16}$	0.562	0.572	0.971	0.141	1.041	0.182	. . .	. . .
$\frac{5}{8}$	0.625	0.636	1.079	0.156	1.157	0.202	0.923	0.203
$\frac{11}{16}$	0.688	0.700	1.176	0.172	1.258	0.221	. . .	. . .
$\frac{3}{4}$	0.750	0.763	1.271	0.188	1.361	0.241	1.111	0.218
$\frac{13}{16}$	0.812	0.826	1.367	0.203	1.463	0.261	. . .	. . .
$\frac{7}{8}$	0.875	0.890	1.464	0.219	1.576	0.285	1.296	0.234
$\frac{15}{16}$	0.938	0.954	1.560	0.234	1.688	0.308	. . .	. . .
1	1.000	1.017	1.661	0.250	1.799	0.330	1.483	0.250
$1\frac{1}{16}$	1.062	1.080	1.756	0.266	1.910	0.352	. . .	. . .
$1\frac{1}{8}$	1.125	1.144	1.853	0.281	2.019	0.375	1.669	0.313
$1\frac{3}{16}$	1.188	1.208	1.950	0.297	2.124	0.396	. . .	. . .
$1\frac{1}{4}$	1.250	1.271	2.045	0.312	2.231	0.417	1.799	0.313
$1\frac{5}{16}$	1.312	1.334	2.141	0.328	2.335	0.438	. . .	. . .
$1\frac{3}{8}$	1.375	1.398	2.239	0.344	2.439	0.458	2.041	0.375
$1\frac{7}{16}$	1.438	1.462	2.334	0.359	2.540	0.478	. . .	. . .
$1\frac{1}{2}$	1.500	1.525	2.430	0.375	2.638	0.496	2.170	0.375

[a] Desde ANSI/ASME B18.21.1-1994. Para ver una lista completa, consulte el estándar.
[b] Los tamaños de arandela nominales están diseñados para usarse con tamaños de tornillo o perno nominales comparables.

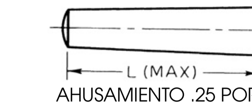
28 Estándares para normas de alambre[a]

Las dimensiones de tamaños están en partes decimales de pulgada[b].

No. de alambre	Estadounidense o Brown y Sharpe para - materiales no ferrosos	Alambre de hierro de tachones o Birmingham[c]	Alambre de acero estándar (Washburn y Moen) de la American S. & W. Co.	Alambre de música de la American S. & W. Co.	Alambre imperial	Alambre de acero de tachones[c]	Norma de hoja de acero del fabricante[b]	No. de alambre
7–0's	.651354	. . .	.4900	. . .	.500	. . .	. . .	7–0's
6–0's	.580049	. . .	.4615	.004	.464	. . .	. . .	6–0's
5–0's	.516549	.500	.4305	.005	.432	. . .	. . .	5–0's
4–0's	.460	.454	.3938	.006	.400	. . .	. . .	4–0's
000	.40964	.425	.3625	.007	.372	. . .	. . .	000
00	.3648	.380	.3310	.008	.348	. . .	. . .	00
0	.32486	.340	.3065	.009	.324	. . .	. . .	0
1	.2893	.300	.2830	.010	.300	.227	. . .	1
2	.25763	.284	.2625	.011	.276	.219	. . .	2
3	.22942	.259	.2437	.012	.252	.212	.2391	3
4	.20431	.238	.2253	.013	.232	.207	.2242	4
6	.16202	.203	.1920	.016	.192	.201	.1943	6
7	.14428	.180	.1770	.018	.176	.199	.1793	7
8	.12849	.165	.1620	.020	.160	.197	.1644	8
9	.11443	.148	.1483	.022	.144	.194	.1495	9
10	.10189	.134	.1350	.024	.128	.191	.1345	10
11	.090742	.120	.1205	.026	.116	.188	.1196	11
12	.080808	.109	.1055	.029	.104	.185	.1046	12
13	.071961	.095	.0915	.031	.092	.182	.0897	13
14	.064084	.083	.0800	.033	.080	.180	.0747	14
15	.057068	.072	.0720	.035	.072	.178	.0763	15
16	.05082	.065	.0625	.037	.064	.175	.0598	16
17	.045257	.058	.0540	.039	.056	.172	.0538	17
18	.040303	.049	.0475	.041	.048	.168	.0478	18
19	.03589	.042	.0410	.043	.040	.164	.0418	19
20	.031961	.035	.0348	.045	.036	.161	.0359	20
21	.028462	.032	.0317	.047	.032	.157	.0329	21
22	.025347	.028	.0286	.049	.028	.155	.0299	22
23	.022571	.025	.0258	.051	.024	.153	.0269	23
24	.0201	.022	.0230	.055	.022	.151	.0239	24
25	.0179	.020	.0204	.059	.020	.148	.0209	25
26	.01594	.018	.0181	.063	.018	.146	.0179	26
27	.014195	.016	.0173	.067	.0164	.143	.0164	27
28	.012641	.014	.0162	.071	.0149	.139	.0149	28
29	.011257	.013	.0150	.075	.0136	.134	.0135	29
30	.010025	.012	.0140	.080	.0124	.127	.0120	30
31	.008928	.010	.0132	.085	.0116	.120	.0105	31
32	.00795	.009	.0128	.090	.0108	.115	.0097	32
33	.00708	.008	.0118	.095	.0100	.112	.0090	33
34	.006304	.007	.0104	. . .	.0092	.110	.0082	34
35	.005614	.005	.0095	. . .	.0084	.108	.0075	35
36	.005	.004	.0090	. . .	.0076	.106	.0067	36
37	.004453	. . .	.0085	. . .	.0068	.103	.0064	37
38	.003965	. . .	.0080	. . .	.0060	.101	.0060	38
39	.003531	. . .	.0075	. . .	.0052	.099	. . .	39
40	.003144	. . .	.0070	. . .	.0048	.097	. . .	40

[a] Cortesía de Brown & Sharpe Mfg. Co.
[b] Ahora la utilizan los fabricantes de acero en lugar de las antiguas normas estadounidenses.
[c] Debe notarse la diferencia entre las normas de alambre de hierro de tachones y las normas de alambre de acero de tachones, la primera se conoce comúnmente como el alambre estándar inglés, o norma Birmingham, que designa los tamaños de alambre suave de tachones; la segunda se usa para medir alambre de acero estirado o la fabricación de tachones con varillas de broca.

29 Pasadores ahusados[a] — Estándar Nacional Estadounidense



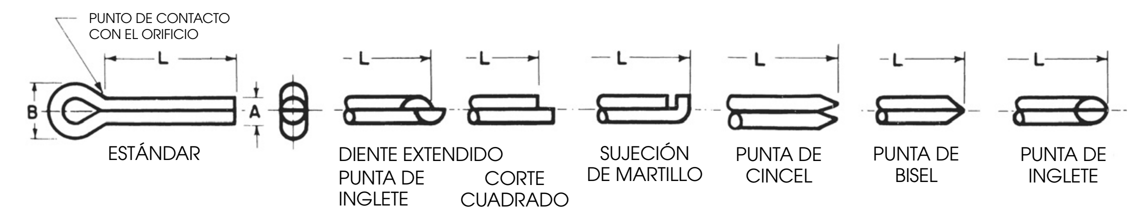
L (MAX)
D
AHUSAMIENTO .25 POR PIE

Para encontrar el diámetro pequeño del pasador, multiplique la longitud por .02083 y reste el resultado al diámetro más grande.
Todas las dimensiones se dan en pulgadas.
Existen escariadores estándar para los pasadores dados sobre la línea gruesa.

Número	7/0	6/0	5/0	4/0	3/0	2/0	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Tamaño (extremo grande)	.0625	.0780	.0940	.1090	.1250	.1410	.1560	.1720	.1930	.2190	.2500	.2890	.3410	.4090	.4920
Diámetro del eje (aprox)[b]		7/32	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	13/16	7/8	1	1 1/4	1 1/2
Tamaño de broca (ant del escariador)[b]	.0312	.0312	.0625	.0625	.0781	.0938	.0938	.1094	.1250	.1250	.1562	.1562	.2188	.2344	.3125
Longitud L															
.250	×	×	×	×	×										
.375	×	×	×	×	×										
.500	×	×	×	×	×	×	×								
.625	×	×	×	×	×	×	×								
.750	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				
.875	×	×	...	...	×	×	×	×	×	×	×				
1.000	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
1.250	...	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
1.500	...	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
1.750	...	...	...	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2.000	...	...	...	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2.250	...	...	...	...	...	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2.500	...	...	...	...	...	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
2.750	...	...	...	...	...	...	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3.000	...	...	...	...	...	...	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3.250	...	...	...	...	...	...	...	...	...	×	×	×	×	×	×
3.500	...	...	...	...	...	...	...	...	...	×	×	×	×	×	×
3.750	...	...	...	...	...	...	...	...	...	×	×	×	×	×	×
4.000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	×	×	×	×	×	×
4.250	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	×	×	×	×
4.500	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	×	×	×	×

[a] ANSI/ASME B18.8.2-1994. Para ver los números 9 y 10, consulte el estándar. Los pasadores números 11 (tamaño .8600), 12 (tamaño 1.032), 13 (tamaño 1.241) y 14 (tamaño 1.523) son tamaños especiales; por ende, sus longitudes son especiales.
[b] Tamaños sugeridos; no Estándar Nacional Estadounidense.

30 Chavetas de dos puntas[a] —Estándar Nacional Estadounidense



All dimensions are given in inches.

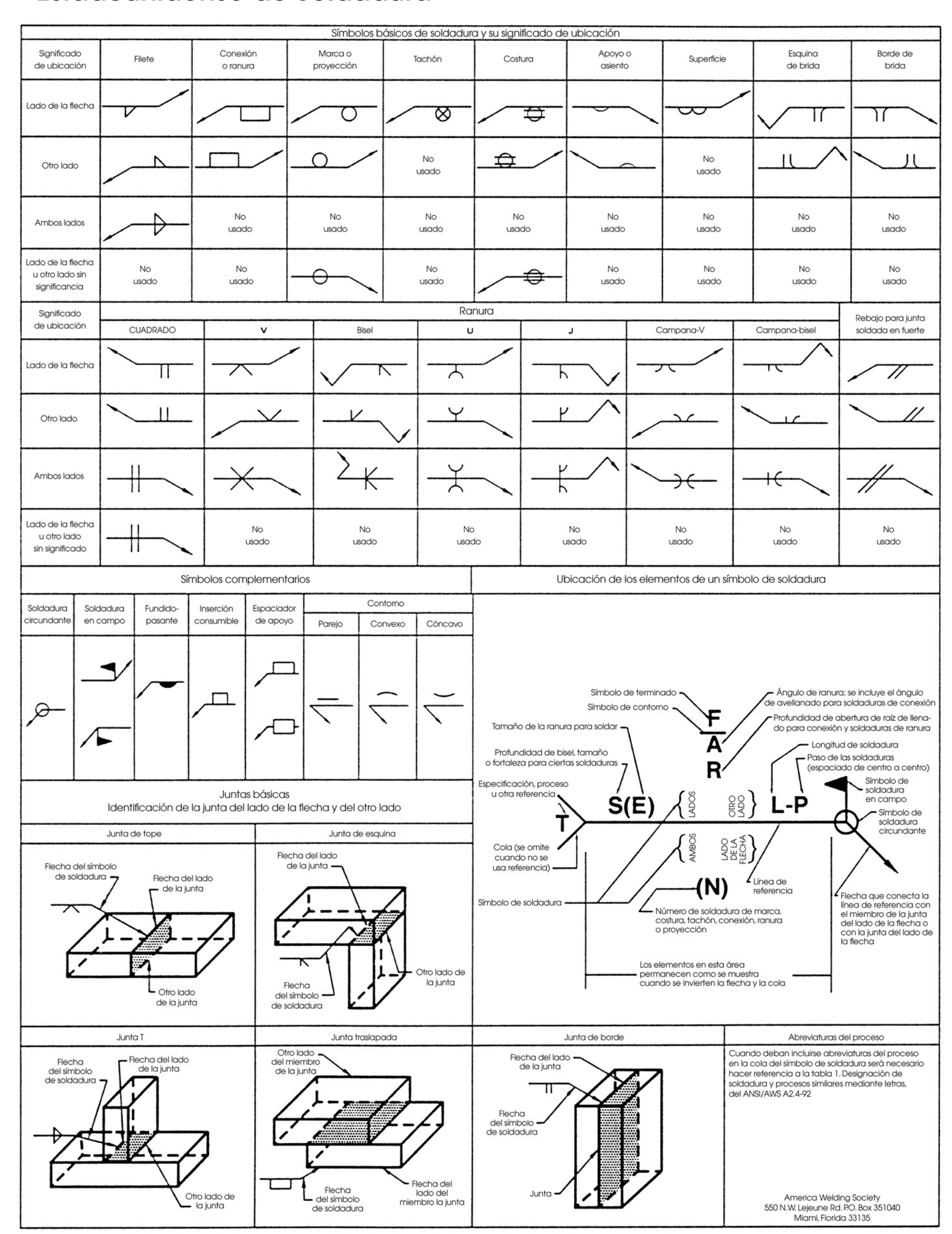
Tamaño nominal o diámetro del pasador		Diámetro A		Diámetro B min. del ojo externo	Longitud mín. de diente extendido	Tamaños de orificio recomendados
		Max.	Min.			
1/32	.031	.032	.028	.06	.01	.047
3/64	.047	.048	.044	.09	.02	.062
1/16	.062	.060	.056	.12	.03	.078
5/64	.078	.076	.072	.16	.04	.094
3/32	.094	.090	.086	.19	.04	.109
7/64	.109	.104	.100	.22	.05	.125
1/8	.125	.120	.116	.25	.06	.141
9/64	.141	.134	.130	.28	.06	.156
5/32	.156	.150	.146	.31	.07	.172
3/16	.188	.176	.172	.38	.09	.203
7/32	.219	.207	.202	.44	.10	.234
1/4	.250	.225	.220	.50	.11	.266
5/16	.312	.280	.275	.62	.14	.312
3/8	.375	.335	.329	.75	.16	.375
7/16	.438	.406	.400	.88	.20	.438
1/2	.500	.473	.467	1.00	.23	.500
5/8	.625	.598	.590	1.25	.30	.625
3/4	.750	.723	.715	1.50	.36	.750

[a] ANSI/ASME B18.8.1–1994.

31 Equivalentes métricos

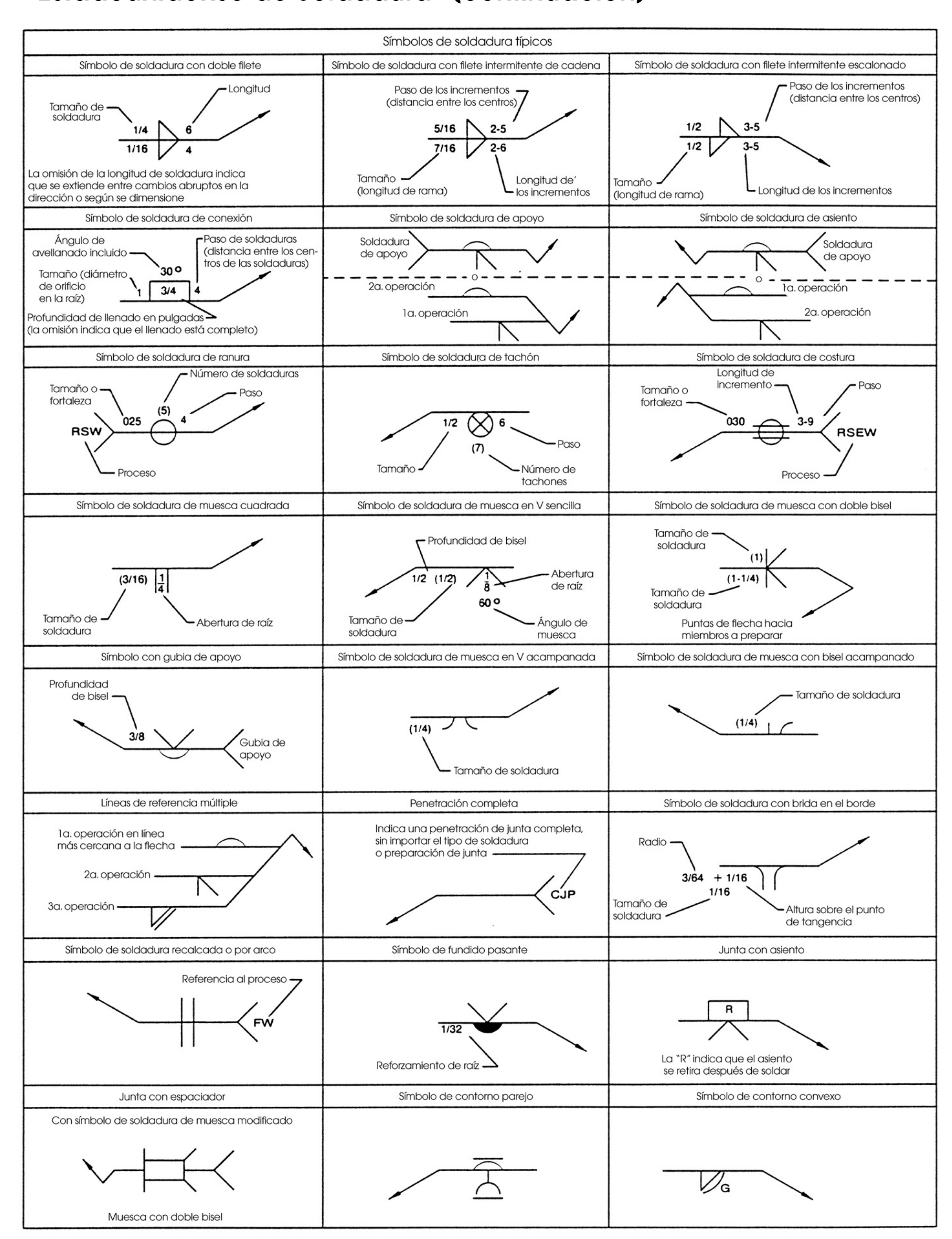
E. U. a métrico	Métrico a E.U.
Longitud	
1 pulgada = 2.540 centímetros 1 pie = .305 metros 1 yarda = .914 metros 1 milla = 1.609 kilometross	1 milímetro = .039 pulgada 1 centimetro = .394 pulgada 1 metros = 3.281 feet or 1.094 yardas 1 kilometro = .621 milla
Área	
1 pulgada^2 = 6.451 centimetros^2 1 pie^2 = .093 metros^2 1 yarda^2 = .836 metros^2 1 acre^2 = 4,046.873 metros^2	1 milímetro^2 = .00155 pulgada^2 1 centimetro^2 = .155 pulgada^2 1 metro^2 = 10.764 pie^2 o 1.196 yarda^2 1 kilometro^2 = .386 milla^2 or 247.04 acres^2
Volumen	
1 pulgada^3 = 16.387 centimetros^3 1 pie^3 = .028 metros^3 1 yarda^3 = .764 metros^3 1 cuarta = 0.946 litro 1 galon = .003785 metros^3	1 centimetro^3 = .061 pulgada^3 1 metros^3 = 35.314 pie^3 or 1.308 yarda^3 1 litro = .2642 galones 1 litro = 1.057 cuartas 1 metro^3 = 264.02 galones
Peso	
1 onza = 28.349 gramos 1 libra = .454 kilogramos 1 ton = .907 toneladas métricas	1 gramo = .035 onzas 1 kilogramo = 2.205 libras 1 tonelada métrica = 1.102 tons
Velocidad	
1 pie/segundo = .305 metros/segundo 1 milla/hora = .447 metros/segundo	1 metros/segundo = 3.281 pies/segundo 1 kilometros/hora = .621 milla/segundo
Aceleración	
1 pulgada/segundo^2 = .0254 metros/segundo^2 1 pie/segundo^2 = .305 metros/segundo^2	1 metros/segundo^2 = 3.278 pies/segundo^2
Fuerza	
N (newton) = Unidad básica de fuerza, kg-m/s^2. Una masa de un kilogramo (1 kg) ejerce una fuerza gravitacional de 9.8 N (en teoría 9.80665 N) en el nivel medio del mar.	

32 Símbolos y procesos de soldadura — Estándar de la Sociedad Estadounidense de Soldadura[a]



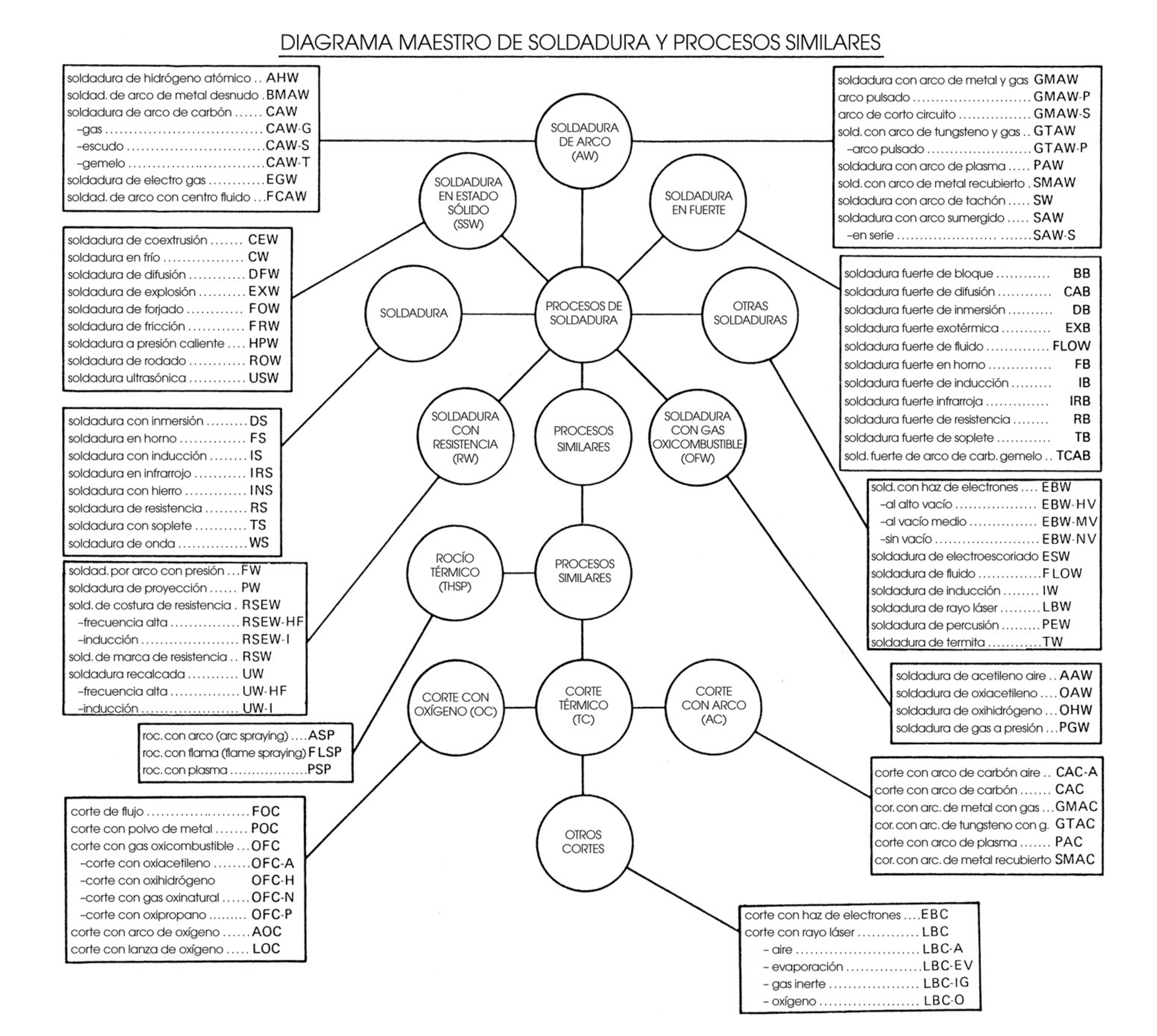
[a] ANSI/AWS A2.4–93.

32 Símbolos y procesos de soldadura — Estándar de la Sociedad Estadounidense de Soldadura[a] (continuación)



Debe entenderse que estas gráficas están diseñadas sólo como un documento de taller. La única presentación completa y oficial de los símbolos de soldadura se encuentra en A2.4.

32 Símbolos y procesos de soldadura — Estándar de la Sociedad Estadounidense de Soldadura[a] (continuación)



[a] ANSI/AWS A3.0–94.

33 Símbolos topográficos

Carretera

Vía de ferrocarril

Puente de carretera

Puente de ferrocarril

Puente levadizo

Puente colgante

Presa

Línea de teléfono
o telégrafo

Línea de transmisión de energía

Construcciones en general

Capital

Sede del condado

Otros pueblos

Cerca de alambre de púas

Cerca de alambre

Seto

Pozos de petróleo y gas

Molino de viento

Tanques

Canal o zanja

Compuerta de canal

Compuerta de canal
(AGUAS ARRIBA DEL PUNTO)

Acueducto o tubería de agua

Frontera estatal o nacional

Límite del condado

Límite de distrito o municipio

Límite de ciudad o pueblo

Estación de triangulación

BM
1232

Marca de referencia y elevación

Cualquier estación de ubicación
(CON NOTA EXPLICATORIA)

Corrientes en general

Lago o estanque

Cascadas y rápidos

Contornos

Sombreado

Arena y dunas de arena

Ciénaga

Floresta de cualquier tipo

Huerto

Pastizal de cualquier tipo

Campos cultivados

Campo comercial o municipal

Campo para el aterrizaje de aviones
Marcado o de emergencia

Mástil de atraque

Faro de luz aérea
(LAS FLECHAS INDICAN LAS LUCES DE CURSO)

Faro de luz aérea auxiliar Parpadeante

[a] ANSI/AWS A3.0–94.

34 Símbolos de tubería—Estándar Nacional Estadounidense

	BRIDADO	ATORNILLADO	CAMPANA Y ESPIGA	SOLDADO CON ARCO	SOLDADO
 1. Junta					
2. Codo — 90°					
3. Codo — 45°					
4. Codo — Hacia arriba					
5. Codo — Hacia abajo					
6. Codo — Radio largo					
7. Codo reducción					
8. “T”					
9. “T”— Salida hacia arriba					
10. “T” — Salida hacia abajo					
11. “T” de salida lateral — Salida hacia arriba					
12. Cruz					
13. Reductor — concéntrico					
14. Reductor — excéntrico					
15. Lateral					
16. Válvula de compuerta — Elev.					
17. Válvula global — Elev.					
18. Válvula check					
19. Llave de paso					
20. Válvula de seguridad					
21. Junta de expansión					
22. Unión					
23. Manga					
24. Boquilla					

ANSI/ASME Y32.2.3–1949 (R1994).

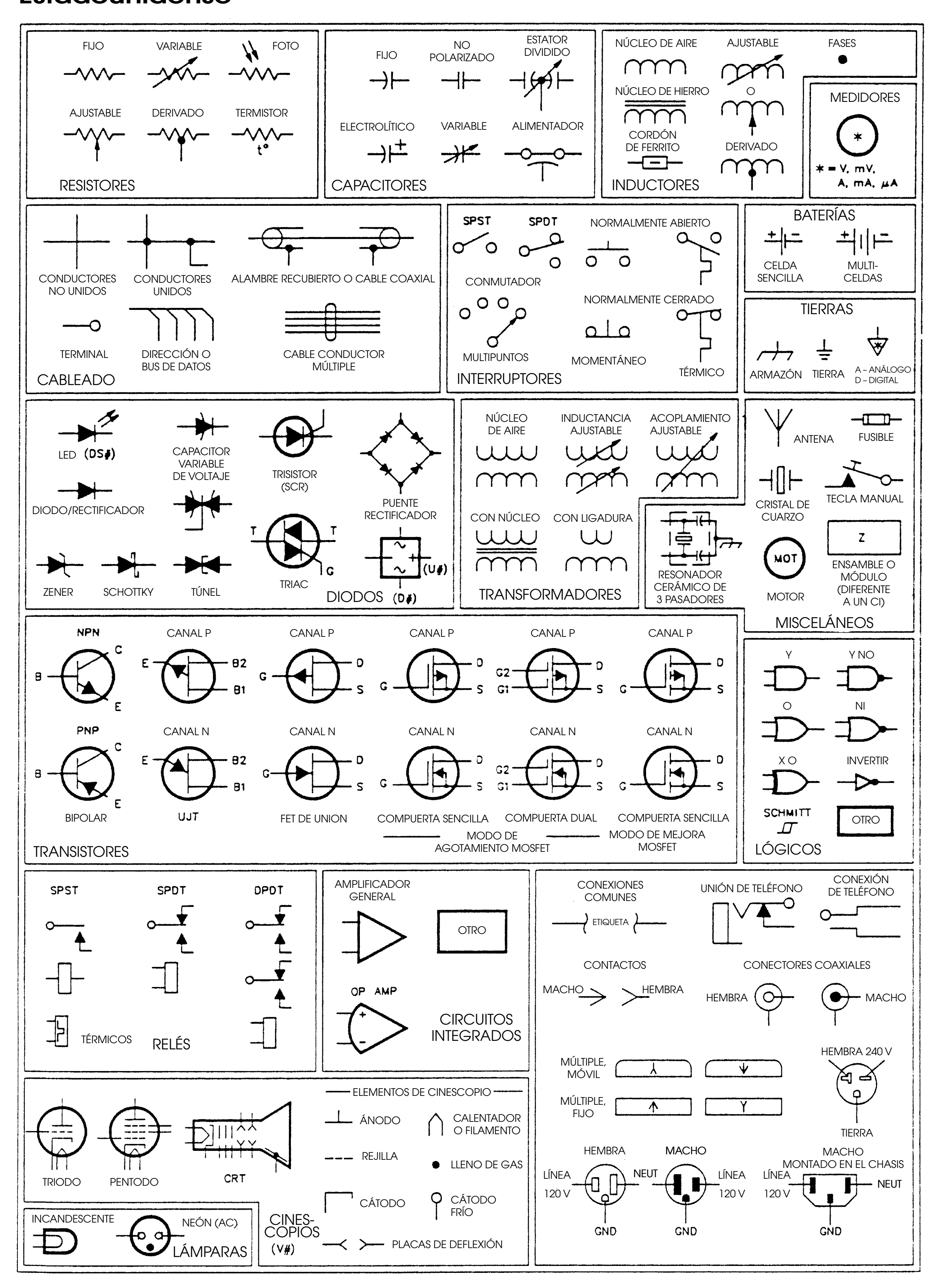
35 Símbolos de calefacción, ventilación y ductos[a] — Estándar Nacional Estadounidense

Símbolo	Descripción
	Vapor a alta presión
	Retorno a presión media
FOF	Flujo de petróleo combustible
A	Aire comprimido
RD	Descarga refrigerante
RS	Succión refrigerante
B	Suministro de agua de mar
	Radiador de pared, Planta
	Radiador de pared sobre el techo, Planta
	Unidad de calefacción (propulsora), Planta
	Unidad de calefacción (ventilador centrífugo), Planta
	Trampa termostática
	Flotador termostático
	Termómetro
T	Termostato
20X12	Planta de ducto (anchura de la 1a. figura; 2a. profundidad)
D	Bajada inclinada respecto al flujo del aire
S 12 X20	Sección del ducto de suministro
E 12X20	Sección del ducto de escape
R 12 X20	Sección del ducto de recirculación
F A 12 X 20	Sección del ducto de aire fresco
	Salida de suministro
	Entrada exhausta
Planta	Regulador de volumen

Símbolo	Descripción
	Suelo, erosión o guía (encima del grado)
	Agua fría
	Agua caliente
	Retorno de agua caliente
F F	Línea de fuego
G G	Gas
S	Rociadores—Suministros principales
Elev.	Regulador de volumen
	Regulador de deflexión
	Aletas de giro
M	Reguladores automáticos
	Conexiones de lona
	Ventilador y motor con guarda de cinturón
	Entrada de rejillas y pantalla

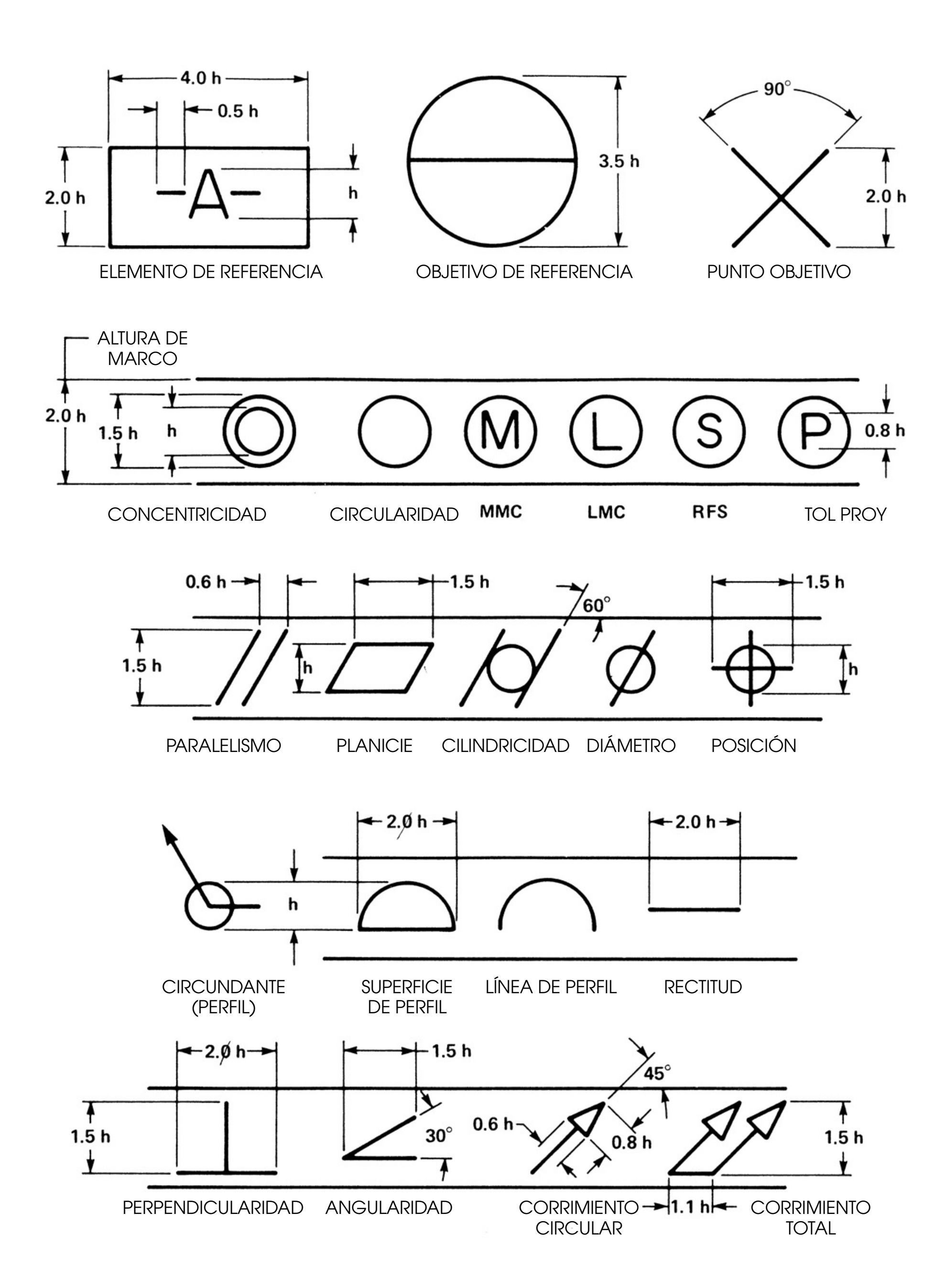
[a] ANSI/ASME Y32.2.3-1949 (R1994) y ANSI Y32.2.4-1949 (R1993)

36 Símbolos gráficos para diagramas electrónicos de Estándar Nacional Estadounidense[a]



Cortesía de American Radio Relay League

37 Forma y proporción de símbolos de tolerancia geométrica[a]



[a] ANSI/ASME Y14.5M–1994.

38 Tubería de acero fraguado[a] y roscas de tubería ahusadas[b] — Estándar Nacional Estadounidense

Todas las dimensiones están en pulgadas excepto las de las dos últimas columnas.

Tamaño de tubería nominal	Diámetro de tubería externo D	Roscas por pulgada	Acoplamiento normal a mano entre las roscas interna y externa L_1[c]	Longitud de rosca efectiva L_2[c]	Grosor de pared nominal										Longitud de tubería, pies, superficie externa por pie cuadrado[f]	Longitud de tubería de peso estándar, pies, que contiene 1 pie cub.[f]
					Prog. 10	Prog. 20[d]	Prog. 30[d]	Prog. 40[d]	Prog. 60[e]	Prog. 80[e]	Prog. 100	Prog. 120	Prog. 140	Prog. 160		
$\frac{1}{8}$	.405	27	.1615	.2639	…	…	…	**.068**	…	**.095**	…	…	…	…	9.431	2,533.8
$\frac{1}{4}$	.540	18	.2278	.4018	…	…	…	**.088**	…	**.119**	…	…	…	…	7.073	1,383.8
$\frac{3}{8}$	.675	18	.240	.4078	…	…	…	**.091**	…	**.126**	…	…	…	…	5.658	754.36
$\frac{1}{2}$	.840	14	.320	.5337	…	…	…	**.109**	…	**.147**	…	…	…	.188	4.547	473.91
$\frac{3}{4}$	1.050	14	.339	.5457	…	…	…	**.113**	…	**.154**	…	…	…	.219	3.637	270.03
1	1.315	11.5	.400	.6828	…	…	…	**.133**	…	**.179**	…	…	…	.250	2.904	166.62
$1\frac{1}{4}$	1.660	11.5	.420	.7068	…	…	…	**.140**	…	**.191**	…	…	…	.250	2.301	96.275
$1\frac{1}{2}$	1.900	11.5	.420	.7235	…	…	…	**.145**	…	**.200**	…	…	…	.281	2.010	70.733
2	2.375	11.5	.436	.7565	…	…	…	**.154**	…	**.218**	…	…	…	.344	1.608	42.913
$2\frac{1}{2}$	2.875	8	.682	1.1375	…	…	…	**.203**	…	**.276**	…	…	…	.375	1.328	30.077
3	3.500	8	.766	1.2000	…	…	…	**.216**	…	**.300**	…	…	…	.438	1.091	19.479
$3\frac{1}{2}$	4.000	8	.821	1.2500	…	…	…	**.226**	…	**.318**	…	…	…	…	.954	14.565
4	4.500	8	.844	1.3000	…	…	…	**.237**	…	**.337**	…	.438	…	.531	.848	11.312
5	5.563	8	.937	1.4063	…	…	…	**.258**	…	**.375**	…	.500	…	.625	.686	7.199
6	6.625	8	.958	1.5125	…	…	…	**.280**	…	**.432**	…	.562	…	.719	.576	4.984
8	8.625	8	1.063	1.7125	…	.250	.277	**.322**	.406	.500	.594	.719	.812	.906	.443	2.878
10	10.750	8	1.210	1.9250	…	.250	.307	**.365**	**.500**	.594	.719	.844	1.000	1.125	.355	1.826
12	12.750	8	1.360	2.1250	…	.250	.330	.406	**.562**	.688	.844	1.000	1.125	1.312	.299	1.273
14 OD	14.000	8	1.562	2.2500	.250	.312	**.375**	.438	.594	.750	.938	1.094	1.250	1.406	.273	1.065
16 OD	16.000	8	1.812	2.4500	.250	.312	**.375**	**.500**	.656	.844	1.031	1.219	1.438	1.594	.239	.815
18 OD	18.000	8	2.000	2.6500	.250	.312	.438	.562	.750	.938	1.156	1.375	1.562	1.781	.212	.644
20 OD	20.000	8	2.125	2.8500	.250	**.375**	.500	.594	.812	1.031	1.281	1.500	1.750	1.969	.191	.518
24 OD	24.000	8	2.375	3.2500	.250	**.375**	.562	.688	.969	1.219	1.531	1.812	2.062	2.344	.159	.358

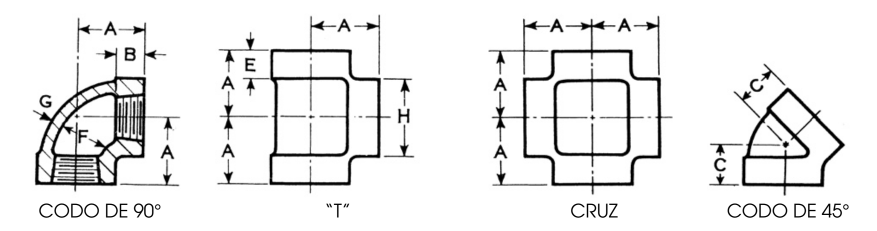
[a] ANSI/ASME B36.10M–1995.
[b] ANSI/ASME B1.20.1–1983 (R1992).
[c] Se refiere a §13.22 y figura 13.20.
[d] Las cifras en negritas corresponden a la tubería “estándar”.
[e] Las cifras en negritas corresponden a la tubería “extra fuerte”.
[f] Valores calculados para tubería de programa 40.

39 Tubería de hierro fundido, grosores y pesos — Estándar Nacional Estadounidense

Tamaño, pulgadas	Grosor, pulgadas	Diámetro externo, pulgadas	Tramo de instalación de 16 pies	
			Prom. por pie[a]	Por tramo
			Peso (lb) basado en	
Clase 50: Presión 50 psi — Carga 115 pies				
3	.32	3.96	12.4	195
4	.35	4.80	16.5	265
6	.38	6.90	25.9	415
8	.41	9.05	37.0	590
10	.44	11.10	49.1	785
12	.48	13.20	63.7	1,020
14	.48	15.30	74.6	1,195
16	.54	17.40	95.2	1,525
18	.54	19.50	107.6	1,720
20	.57	21.60	125.9	2,015
24	.63	25.80	166.0	2,655
30	.79	32.00	257.6	4,120
36	.87	38.30	340.9	5,455
42	.97	44.50	442.0	7,070
48	1.06	50.80	551.6	8,825
Clase 100: Presión 100 psi — Carga 231 pies				
3	.32	3.96	12.4	195
4	.35	4.80	16.5	265
6	.38	6.90	25.9	415
8	.41	9.05	37.0	590
10	.44	11.10	49.1	785
12	.48	13.20	63.7	1,020
14	.51	15.30	78.8	1,260
16	.54	17.40	95.2	1,525
18	.58	19.50	114.8	1,835
20	.62	21.60	135.9	2,175
24	.68	25.80	178.1	2,850
30	.79	32.00	257.6	4,120
36	.87	38.30	340.9	5,455
42	.97	44.50	442.0	7,070
48	1.06	50.80	551.6	8,825
Clase 150: Presión 150 psi — Carga 346 pies				
3	.32	3.96	12.4	195
4	.35	4.80	16.5	265
6	.38	6.90	25.9	415
8	.41	9.05	37.0	590
10	.44	11.10	49.1	785
12	.48	13.20	63.7	1,020
14	.51	15.30	78.8	1,260
16	.54	17.40	95.2	1,525
18	.58	19.50	114.8	1,835
20	.62	21.60	135.9	2,175
24	.73	25.80	190.1	3,040
30	.85	32.00	275.4	4,405
36	.94	38.30	365.9	5,855
42	1.05	44.50	475.3	7,605
48	1.14	50.80	589.6	9,435
Clase 200: Presión 200 psi — Carga 462 pies				
3	.32	3.96	12.4	195
4	.35	4.80	16.5	265
6	.38	6.90	25.9	415
Clase 200: Presión 200 psi — Carga 426 pies				
8	.41	9.05	37.0	590
10	.44	11.10	49.1	785
12	.48	13.20	63.7	1,020
14	.55	15.30	84.4	1,350
16	.58	17.40	101.6	1,625
18	.63	19.50	123.7	1,980
20	.67	21.60	145.9	2,335
24	.79	25.80	205.6	3,290
30	.92	32.00	297.8	4,765
36	1.02	38.30	397.1	6,355
42	1.13	44.50	512.3	8,195
48	1.23	50.80	637.2	10,195
Clase 250: Presión 250 psi — Carga 577 pies				
3	.32	3.96	12.4	195
4	.35	4.80	16.5	265
6	.38	6.90	25.9	415
8	.41	9.05	37.0	590
10	.44	11.10	49.1	785
12	.52	13.20	68.5	1,095
14	.59	15.30	90.6	1,450
16	.63	17.40	110.4	1,765
18	.68	19.50	133.4	2,135
20	.72	21.60	156.7	2,505
24	.79	25.80	205.6	3,290
30	.99	32.00	318.4	5,095
36	1.10	38.30	425.5	6,810
42	1.22	44.50	549.5	8,790
48	1.33	50.80	684.5	10,950
Clase 300: Presión 300 psi — Carga 693 pies				
3	.32	3.96	12.4	195
4	.35	4.80	16.5	265
6	.38	6.90	25.9	415
8	.41	9.05	37.0	590
10	.48	11.10	53.1	850
12	.52	13.20	68.5	1,095
14	.59	15.30	90.6	1,450
16	.68	17.40	118.2	1,890
18	.73	19.50	142.3	2,275
20	.78	21.60	168.5	2,695
24	.85	25.80	219.8	3,515
Clase 350: Presión 350 psi — Carga 808 pies				
3	.32	3.96	12.4	195
4	.35	4.80	16.5	265
6	.38	6.90	25.9	415
8	.41	9.05	37.0	590
10	.52	11.10	57.4	920
12	.56	13.20	73.8	1,180
14	.64	15.30	97.5	1,605
16	.68	17.40	118.2	1,945
18	.79	19.50	152.9	2,520
20	.84	21.60	180.2	2,970
24	.92	25.80	236.3	3,895

[a] Peso promedio por pie con base en el peso calculado del tubo antes del redondeo.

40 Ajustes atornillados de tubería de hierro fundido,[a] 125 lb — Estándar Nacional Estadounidense



DIMENSIONES DE CODOS DE 90° Y 45°, "T" Y CRUCES (TAMAÑOS RECTOS)

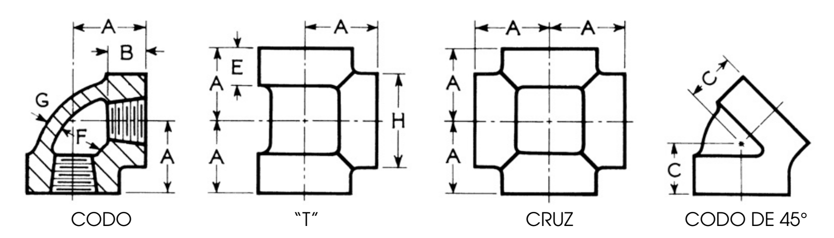
Todas las dimensiones se dan en pulgadas.

Los ajustes con roscas derecha e izquierda deben tener cuatro o más costillas o la letra "L" fundida sobre la banda en el extremo con rosca izquierda.

Tamaño de tubería nominal	Centro a extremo, codos, "T" y cruces A	Centro a extremo, codos de 45° C	Longitud de rosca, min B	Anchura de banda, min. E	Diámetro interno de ajuste F		Grosor del metal G	Diámetro de banda, min. H
					Max.	Min.		
$\frac{1}{4}$	.81	.73	.32	.38	.58	.54	.11	.93
$\frac{3}{8}$	.95	.80	.36	.44	.72	.67	.12	1.12
$\frac{1}{2}$	1.12	.88	.43	.50	.90	.84	.13	1.34
$\frac{3}{4}$	1.31	.98	.50	.56	1.11	1.05	.15	1.63
1	1.50	1.12	.58	.62	1.38	1.31	.17	1.95
$1\frac{1}{4}$	1.75	1.29	.67	.69	1.73	1.66	.18	2.39
$1\frac{1}{2}$	1.94	1.43	.70	.75	1.97	1.90	.20	2.68
2	2.25	1.68	.75	.84	2.44	2.37	.22	3.28
$2\frac{1}{2}$	2.70	1.95	.92	.94	2.97	2.87	.24	3.86
3	3.08	2.17	.98	1.00	3.60	3.50	.26	4.62
$3\frac{1}{2}$	3.42	2.39	1.03	1.06	4.10	4.00	.28	5.20
4	3.79	2.61	1.08	1.12	4.60	4.50	.31	5.79
5	4.50	3.05	1.18	1.18	5.66	5.56	.38	7.05
6	5.13	3.46	1.28	1.28	6.72	6.62	.43	8.28
8	6.56	4.28	1.47	1.47	8.72	8.62	.55	10.63
10	8.08[b]	5.16	1.68	1.68	10.85	10.75	.69	13.12
12	9.50[b]	5.97	1.88	1.88	12.85	12.75	.80	15.47

[a] De ANSI/ASME B16.4-1992.
[b] Esto se aplica sólo a los codos y a las "T".

41 Ajustes atornillados de tubería de hierro fundido,[a] 250 lb —Estándar Nacional Estadounidense



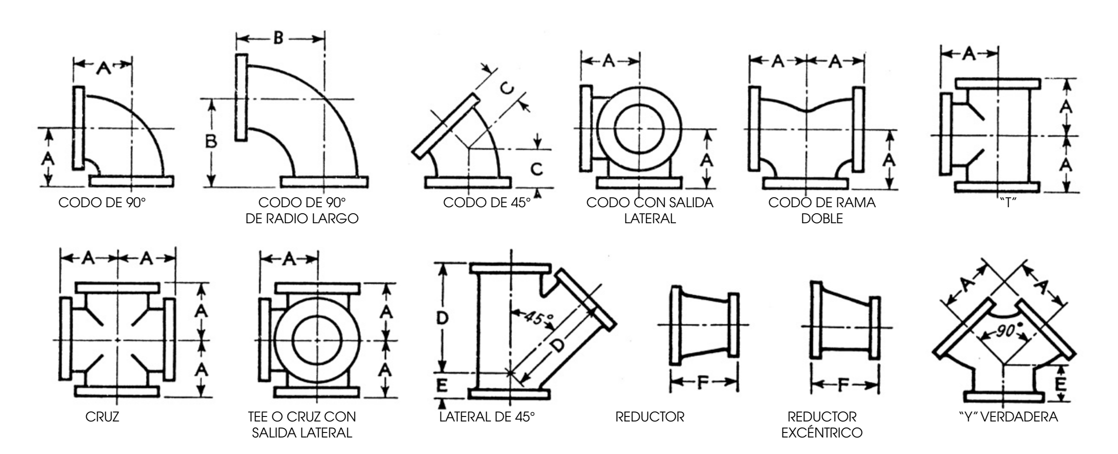
DIMENSIONES DE CODOS DE 90° Y 45°, "T" Y CRUCES (TAMAÑOS RECTOS)

Todas las dimensiones se dan en pulgadas.
El estándar de 250 lb para ajustes atornillados cubre sólo los tamaños rectos de codos de 90° y 45°, "t" y cruces.

Tamaño de tubería nominal	Centro a extremo, codos, "t" y cruces A	Centro a extremo, codos de 45° C	Longitud de rosca, min B	Anchura de banda, min. E	Diámetro interno de ajuste F		Grosor del metal G	Diámetro de banda, min. H
					Max.	Min.		
$\frac{1}{4}$	.94	.81	.43	.49	.58	.54	.18	1.17
$\frac{3}{8}$	1.06	.88	.47	.55	.72	.67	.18	1.36
$\frac{1}{2}$	1.25	1.00	.57	.60	.90	.84	.20	1.59
$\frac{3}{4}$	1.44	1.13	.64	.68	1.11	1.05	.23	1.88
1	1.63	1.31	.75	.76	1.38	1.31	.28	2.24
$1\frac{1}{4}$	1.94	1.50	.84	.88	1.73	1.66	.33	2.73
$1\frac{1}{2}$	2.13	1.69	.87	.97	1.97	1.90	.35	3.07
2	2.50	2.00	1.00	1.12	2.44	2.37	.39	3.74
$2\frac{1}{2}$	2.94	2.25	1.17	1.30	2.97	2.87	.43	4.60
3	3.38	2.50	1.23	1.40	3.60	3.50	.48	5.36
$3\frac{1}{2}$	3.75	2.63	1.28	1.49	4.10	4.00	.52	5.98
4	4.13	2.81	1.33	1.57	4.60	4.50	.56	6.61
5	4.88	3.19	1.43	1.74	5.66	5.56	.66	7.92
6	5.63	3.50	1.53	1.91	6.72	6.62	.74	9.24
8	7.00	4.31	1.72	2.24	8.72	8.62	.90	11.73
10	8.63	5.19	1.93	2.58	10.85	10.75	1.08	14.37
12	10.00	6.00	2.13	2.91	12.85	12.75	1.24	16.84

[a] De ANSI/ASME B16.4–1992.

42 Bridas y ajustes para tubería de hierro fundido,[a] 125 lb—Estándar Nacional Estadounidense



DIMENSIONES DE CODOS, CODOS DE DOBLE RAMA, TEES, CRUCES, LATERALES, Y'S VERDADERAS (TAMAÑOS RECTOS) Y REDUCTORES

Todas las dimensiones en pulgadas.

Tamaño de tubería nominal	Diámetro interno de ajustes	Centro a cara, codo de 90°, "t", cruces, "Y" verdadera y codo de doble rama A	Centro a cara, codo de 90° de radio largo B	Centro a cara, codo de 45° C	Centro a cara, lateral D	Centro a cara corto, "Y" verdadera y lateral E	Centro a cara, reductor F	Diámetro de brida	Grosor de brida, min.	Grosor de pared
1	1.00	3.50	5.00	1.75	5.75	1.75	. . .	4.25	.44	.31
$1\frac{1}{4}$	1.25	3.75	5.50	2.00	6.25	1.75	. . .	4.62	.50	.31
$1\frac{1}{2}$	1.50	4.00	6.00	2.25	7.00	2.00	. . .	5.00	.56	.31
2	2.00	4.50	6.50	2.50	8.00	2.50	5.0	6.00	.62	.31
$2\frac{1}{2}$	2.50	5.00	7.00	3.00	9.50	2.50	5.5	7.00	.69	.31
3	3.00	5.50	7.75	3.00	10.00	3.00	6.0	7.50	.75	.38
$3\frac{1}{2}$	3.50	6.00	8.50	3.50	11.50	3.00	6.5	8.50	.81	.44
4	4.00	6.50	9.00	4.00	12.00	3.00	7.0	9.00	.94	.50
5	5.00	7.50	10.25	4.50	13.50	3.50	8.0	10.00	.94	.50
6	6.00	8.00	11.50	5.00	14.50	3.50	9.0	11.00	1.00	.56
8	8.00	9.00	14.00	5.50	17.50	4.50	11.0	13.50	1.12	.62
10	10.00	11.00	16.50	6.50	20.50	5.00	12.0	16.00	1.19	.75
12	12.00	12.00	19.00	7.50	24.50	5.50	14.0	19.00	1.25	.81
14 OD	14.00	14.00	21.50	7.50	27.00	6.00	16.0	21.00	1.38	.88
16 OD	16.00	15.00	24.00	8.00	30.00	6.50	18.0	23.50	1.44	1.00
18 OD	18.00	16.50	26.50	8.50	32.00	7.00	19.0	25.00	1.56	1.06
20 OD	20.00	18.00	29.00	9.50	35.00	8.00	20.0	27.50	1.69	1.12
24 OD	24.00	22.00	34.00	11.00	40.50	9.00	24.0	32.00	1.88	1.25
30 OD	30.00	25.00	41.50	15.00	49.00	10.00	30.0	38.75	2.12	1.44
36 OD	36.00	28.00	49.00	18.00	. . .	. . .	36.0	46.00	2.38	1.62
42 OD	42.00	31.00	56.50	21.00	. . .	. . .	42.0	53.00	2.62	1.81
48 OD	48.00	34.00	64.00	24.00	. . .	. . .	48.0	59.50	2.75	2.00

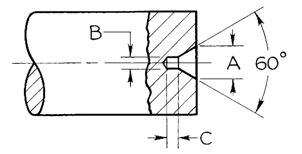
[a] ANSI/ASME B16.1–1989.

43 Bridas para tubería de hierro fundido, perforaciones para pernos y sus longitudes,[a] 125 lb — Estándar Nacional Estadounidense

Tamaño De tubería nominal	Diámetro de brida	Grosor de brida, min.	Diámetro del círculo de pernos	Número de pernos	Diámetro de pernos	Diámetro de los orificios para perno	Longitud de pernos
1	4.25	.44	3.12	4	.50	.62	1.75
$1\frac{1}{4}$	4.62	.50	3.50	4	.50	.62	2.00
$1\frac{1}{2}$	5.00	.56	3.88	4	.50	.62	2.00
2	6.00	.62	4.75	4	.62	.75	2.25
$2\frac{1}{2}$	7.00	.69	5.50	4	.62	.75	2.50
3	7.50	.75	6.00	4	.62	.75	2.50
$3\frac{1}{2}$	8.50	.81	7.00	8	.62	.75	2.75
4	9.00	.94	7.50	8	.62	.75	3.00
5	10.00	.94	8.50	8	.75	.88	3.00
6	11.00	1.00	9.50	8	.75	.88	3.25
8	13.50	1.12	11.75	8	.75	.88	3.50
10	16.00	1.19	14.25	12	.88	1.00	3.75
12	19.00	1.25	17.00	12	.88	1.00	3.75
14 OD	21.00	1.38	18.75	12	1.00	1.12	4.25
16 OD	23.50	1.44	21.25	16	1.00	1.12	4.50
18 OD	25.00	1.56	22.75	16	1.12	1.25	4.75
20 OD	27.50	1.69	25.00	20	1.12	1.25	5.00
24 OD	32.00	1.88	29.50	20	1.25	1.38	5.50
30 OD	38.75	2.12	36.00	28	1.25	1.38	6.25
36 OD	46.00	2.38	42.75	32	1.50	1.62	7.00
42 OD	53.00	2.62	49.50	36	1.50	1.62	7.50
48 OD	59.50	2.75	56.00	44	1.50	1.62	7.75

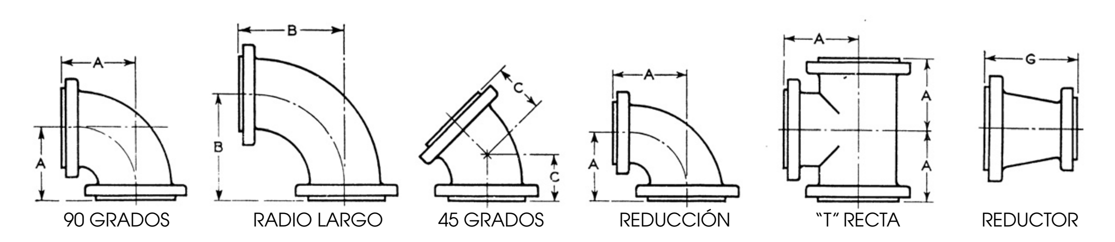
[a] ANSI B16.1–1989.

44 Tamaños de centros de eje



Diámetro de eje D	A	B	C	Diámetro de eje D	A	B	C
$\frac{3}{16}$ a $\frac{7}{32}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{3}{64}$	$\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{8}$ a $1\frac{15}{32}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{1}{4}$ a $\frac{11}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$	$\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{2}$ a $1\frac{31}{32}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{3}{8}$ a $\frac{17}{32}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{5}{64}$	2 a $2\frac{31}{32}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{3}{16}$
$\frac{9}{16}$ a $\frac{25}{32}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{5}{64}$	$\frac{3}{32}$	3 a $3\frac{31}{32}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{7}{32}$
$\frac{13}{16}$ a $1\frac{3}{32}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	4 y superiores	$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{7}{32}$

45 Bridas y ajustes para tubería de hierro fundido,[a] 250 lb — Estándar Nacional Estadounidense



DIMENSIONES DE CODOS, "T" Y REDUCTORES

Todas las dimensiones se dan en pulgadas

Tamaño de tubería nominal	Diámetro interno del ajuste, min.	Grosor de pared del cuerpo	Diámetro de brida	Grosor de brida, min.	Diámetro de cara realzada	Codo y "t" del centro a la cara A	Codo de radio largo del centro a la cara B	Codo de 45° del centro a la cara C	Reductor cara a cara G
1	1.00	.44	4.88	.69	2.69	4.00	5.00	2.00	. . .
$1\frac{1}{4}$	1.25	.44	5.25	.75	3.06	4.25	5.50	2.50	. . .
$1\frac{1}{2}$	1.50	.44	6.12	.81	3.56	4.50	6.00	2.75	. . .
2	2.00	.44	6.50	.88	4.19	5.00	6.50	3.00	5.00
$2\frac{1}{2}$	2.50	.50	7.50	1.00	4.94	5.50	7.00	3.50	5.50
3	3.00	.56	8.25	1.12	5.69	6.00	7.75	3.50	6.00
$3\frac{1}{2}$	3.50	.56	9.00	1.19	6.31	6.50	8.50	4.00	6.50
4	4.00	.62	10.00	1.25	6.94	7.00	9.00	4.50	7.00
5	5.00	.69	11.00	1.38	8.31	8.00	10.25	5.00	8.00
6	6.00	.75	12.50	1.44	9.69	8.50	11.50	5.50	9.00
8	8.00	.81	15.00	1.62	11.94	10.00	14.00	6.00	11.00
10	10.00	.94	17.50	1.88	14.06	11.50	16.50	7.00	12.00
12	12.00	1.00	20.50	2.00	16.44	13.00	19.00	8.00	14.00
14 OD	13.25	1.12	23.00	2.12	18.94	15.00	21.50	8.50	16.00
16 OD	15.25	1.25	25.50	2.25	21.06	16.50	24.00	9.50	18.00
18 OD	17.00	1.38	28.00	2.38	23.31	18.00	26.50	10.00	19.00
20 OD	19.00	1.50	30.50	2.50	25.56	19.50	29.00	10.50	20.00
24 OD	23.00	1.62	36.00	2.75	30.31	22.50	34.00	12.00	24.00
30 OD	29.00	2.00	43.00	3.00	37.19	27.50	41.50	15.00	30.00

[a] ANSI B16.1–1989.

46 Bridas para tubería de hierro fundido, perforaciones para pernos y sus longitudes,[a] 250 lb — Estándar Nacional Estadounidense

Tamaño de tubería nominal	Diámetro de brida	Grosor de brida, min.	Diámetro de cara realzada	Diámetro del círculo de pernos	Diámetro de los orificios para perno	Número de pernos	Tamaño de pernos	Longitud de pernos	Longitud de tachones con dos tuercas
1	4.88	.69	2.69	3.50	.75	4	.62	2.50	. . .
$1\frac{1}{4}$	5.25	.75	3.06	3.88	.75	4	.62	2.50	. . .
$1\frac{1}{2}$	6.12	.81	3.56	4.50	.88	4	.75	2.75	. . .
2	6.50	.88	4.19	5.00	.75	8	.62	2.75	. . .
$2\frac{1}{2}$	7.50	1.00	4.94	5.88	.88	8	.75	3.25	. . .
3	8.25	1.12	6.69	6.62	.88	8	.75	3.50	. . .
$3\frac{1}{2}$	9.00	1.19	6.31	7.25	.88	8	.75	3.50	. . .
4	10.00	1.25	6.94	7.88	.88	8	.75	3.75	. . .
5	11.00	1.38	8.31	9.25	.88	8	.75	4.00	. . .
6	12.50	1.44	9.69	10.62	.88	12	.75	4.00	. . .
8	15.00	1.62	11.94	13.00	1.00	12	.88	4.50	. . .
10	17.50	1.88	14.06	15.25	1.12	16	1.00	5.25	. . .
12	20.50	2.00	16.44	17.75	1.25	16	1.12	5.50	. . .
14 OD	23.00	2.12	18.94	20.25	1.25	20	1.12	6.00	. . .
16 OD	25.50	2.25	21.06	22.50	1.38	20	1.25	6.25	. . .
18 OD	28.00	2.38	23.31	24.75	1.38	24	1.25	6.50	. . .
20 OD	30.50	2.50	25.56	27.00	1.38	24	1.25	6.75	. . .
24 OD	36.00	2.75	30.31	32.00	1.62	24	1.50	7.50	9.50
30 OD	43.00	3.00	37.19	39.25	2.00	28	1.75	8.50	10.50

[a] ANSI B16.1–1989.

ÍNDICE

B

C

Ch

D

E

M

T

U

V

W

Y

Z



Hoja de trabajo 2.1

Lista de verificación para la evaluación del sistema CAD

Elemento	S/N	Tamaño/Tipo	Comentarios	Costo
Procesador central				
memoria (MB)				
tamaño de palabra (16/32 bits)				
caché				
velocidad (MHz/Mips)				
tipo de bus (elsa, vesa, pcl)				
expansión/actualización				
Sistema operativo				
32 bits				
multitareas				
disponibilidad de software				
Dispositivos de entrada de datos				
ratón				
trackball				
digitalizadora				
pluma óptica				
rueda pulgar				
Despliegue				
monocromático				
color				
tamaño de pantalla				
resolución				
Tarjeta de video				
memoria				
soporte de software				
soporte de despliegue dual				
Almacenamiento, disco duro				
tipo				
tiempo de acceso				
capacidad				
expansión				
removible				
Mantenimiento				
hardware				
software				

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



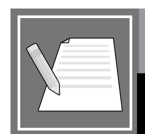
Hoja de trabajo 2.1 cont.

Lista de verificación para la evaluación del sistema CAD

Elemento	S/N	Tamaño/Tipo	Comentarios	Costo
Almacenamiento, disco flexible				
tipo				
tiempo de acceso				
capacidad				
removible				
CD-ROM				
tipo				
velocidad				
capacidad				
lectura/escritura				
Sistema de respaldo				
tipo				
capacidad				
velocidad				
automatización				
Dispositivos de salida				
tipo				
¿proporcionado con el sistema?				
medio				
costo por hoja				
velocidad				
revolución/precisión				
color				

Notas

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 3.1

Práctica del bosquejo de líneas a mano alzada

Utilice los espacios a la derecha para practicar el bosquejo de líneas a mano alzada de cada uno de los tipos que se muestran a continuación. Como ejemplo, se presenta la primera línea de construcción.

LÍNEA DE CONSTRUCCIÓN

LÍNEA VISIBLE

LÍNEA OCULTA

15

LÍNEA DE DIMENSIÓN

LÍNEA DE EXTENSIÓN

LÍNEA CENTRAL

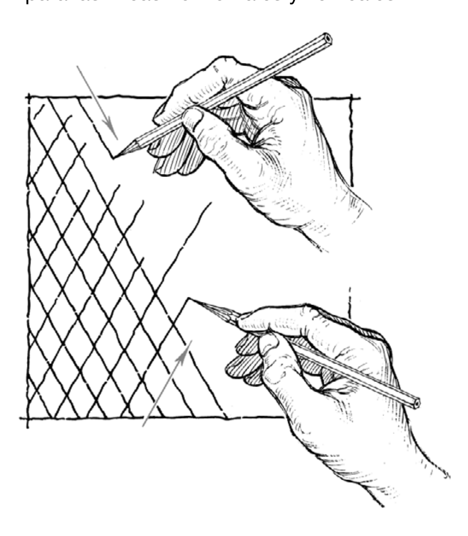
LÍNEA FANTASMA

LÍNEAS DE PLANO CORTANTE

Líneas de construcción	Líneas de construcción
Líneas visibles	Líneas visibles
Líneas ocultas	Líneas ocultas
Líneas de dimensión	Líneas de dimensión
Líneas de extensión	Líneas de extensión
Líneas centrales	Líneas centrales
Líneas fantasmas	Líneas fantasmas
Líneas de plano cortante	Líneas de plano cortante

Bosquejo de líneas inclinadas

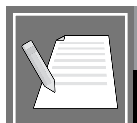
Para líneas inclinadas, cambie la posición en relación con el papel o gire un poco el papel. Utilice los mismos movimientos que para las líneas horizontales y verticales.



Complete las siguientes series de líneas inclinadas.

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



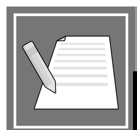


Hoja de trabajo 3.2

Bosquejos de círculos y elipses

Utilice las líneas de construcción que se proporcionan a continuación para comenzar a bosquejar círculos y elipses. Practique ésta y otras técnicas aprendidas para la creación de círculos y elipses en su propio papel sin líneas.

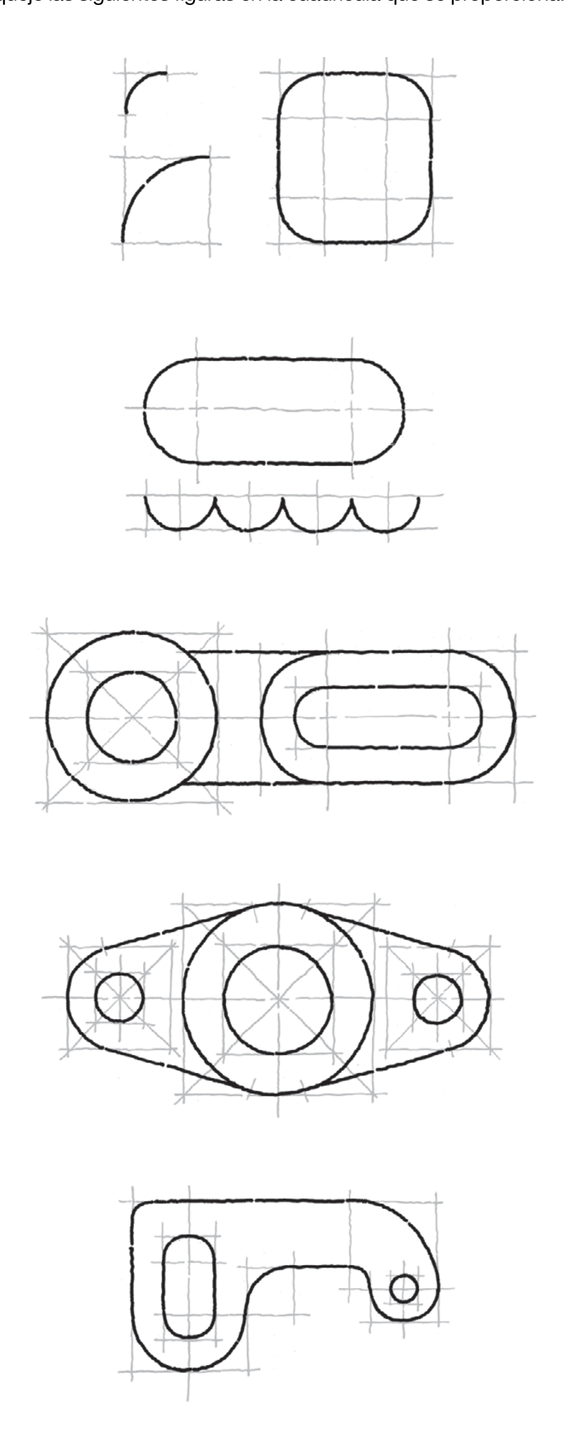
Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.

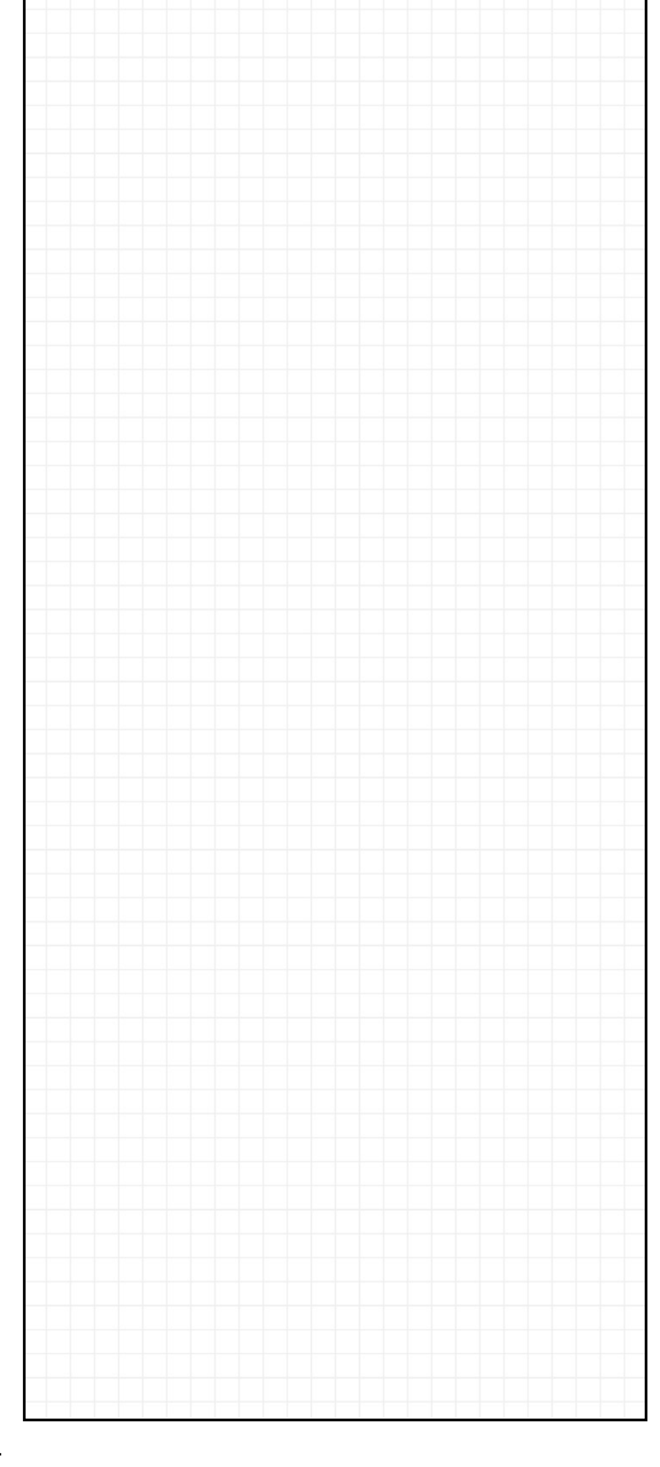


Hoja de trabajo 3.3

Práctica de la técnica para trazar líneas y curvas

Bosqueje las siguientes figuras en la cuadrícula que se proporciona.



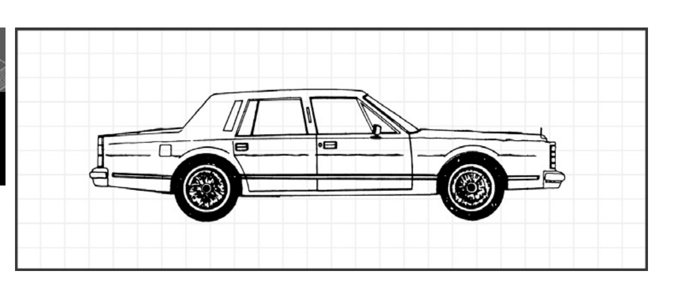


Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 3.4

Aplicación del método de los cuadros



Transfiera el dibujo del automóvil mostrado a la derecha a la cuadrícula más grande de abajo; para ello utilice el método de los cuadros.

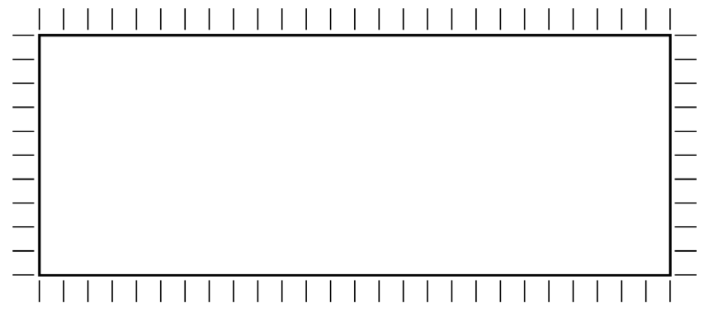
Relacione la forma en que las líneas entran y salen de cada cuadro de la malla.

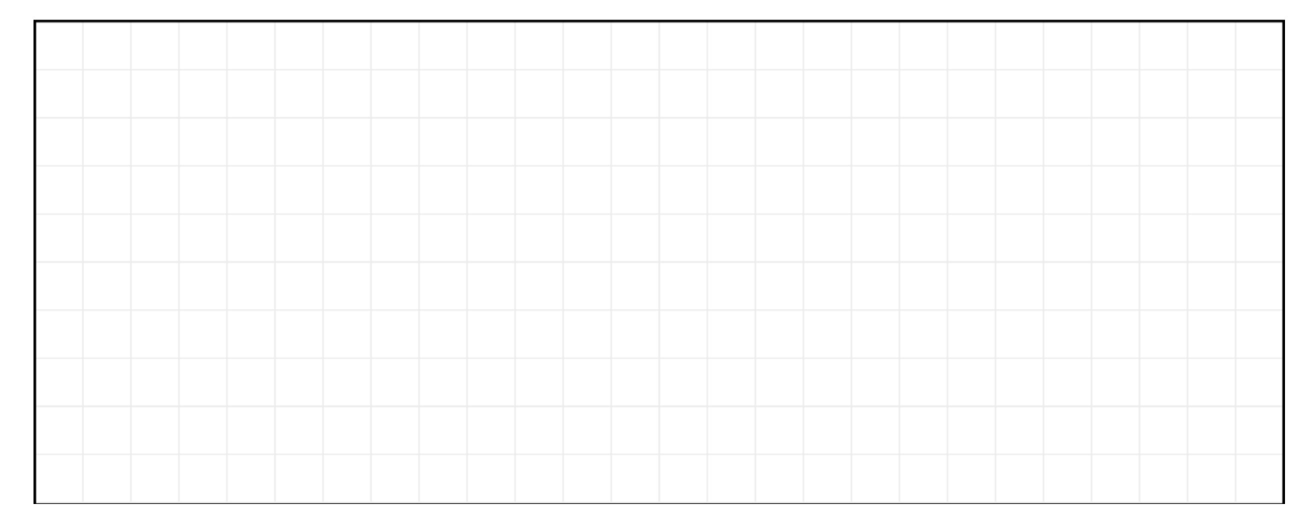


Corte una pequeña fotografía de una revista o periódico y fíjelo en el cuadro de la derecha.

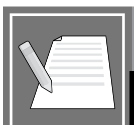
Use las pequeñas marcas como guía para dibujar una cuadrícula de un octavo de pulgada sobre la fotografía.

Utilice el mismo proceso que usó con anterioridad para transferir y agrandar la fotografía a la cuadrícula siguiente.





Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 3.5

Práctica para la elaboración de letras verticales

Repita cada letra en la cuadrícula azul que se proporciona, preste una atención especial a las proporciones y a la dirección de los trazos que se muestre en el ejemplo. Después repita la letra una vez más en el espacio en blanco.

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 3.6

Práctica para la elaboración de letras de 1/8 de pulgada

Use las líneas guía que se proporcionan para escribir las notas de dibujo y dimensiones en los espacios apropiados. Utilice letras mayúsculas ingenieriles estándar de 1/8".

VEA EL DETALLE A

SAE 115 – 4 REQUERIDOS

2 X .50 - 12 UNC - 2B ↧ .688

TODOS LOS FILETES Y REDONDOS R.125

.062 X .062 RANURA

3 ORIFICIOS IGUALMENTE ESPACIADOS

2 X [19.0 - 19.5

$\frac{1}{8}$ TUB. AHU. EST. AMER.
PARA TASA DE GRASA INCLINADA

PUNTA INFERIOR

Ø.626 ⌴ Ø1.062

2 X #10 - 32 UNF - 2B ↧ .438

MOLETEADO MEDIO

M14 X 2

F Y R R3 A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE LO CONTRARIO

TODAS LAS MEDICIONES EN MILÍMETROS

TORNILLO DE PLACA
DE QUIJADA

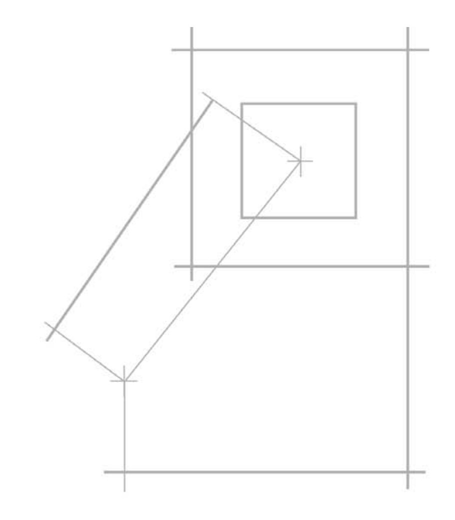
Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.

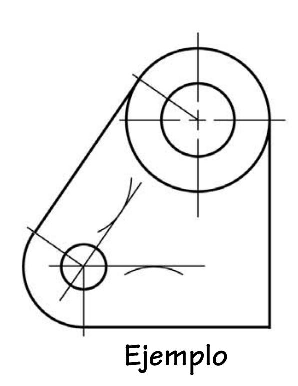


Hoja de trabajo 4.1

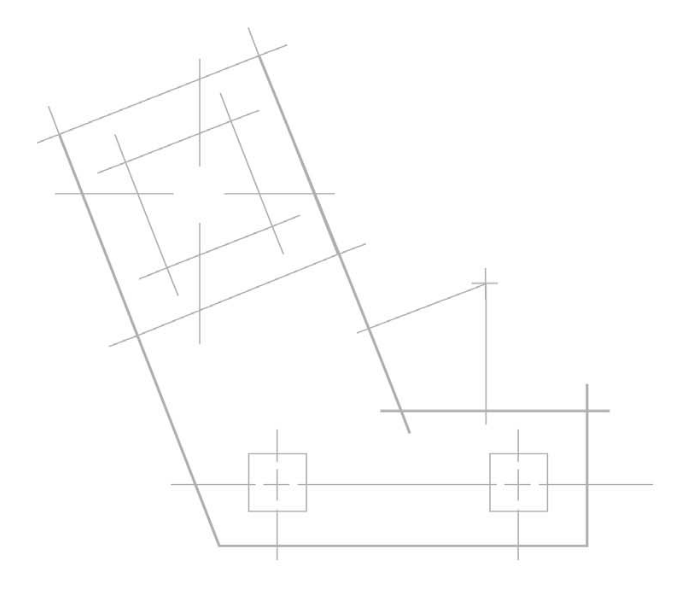
Bosquejo de arcos tangentes

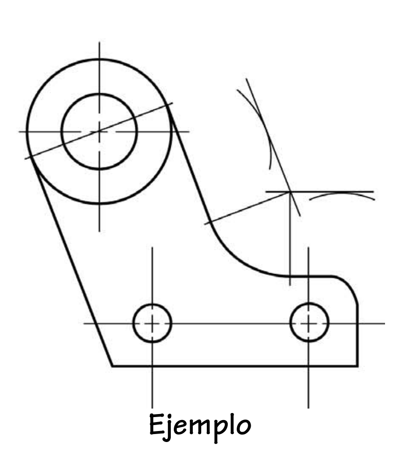
Use técnicas de bosquejo para esbozar arcos tangentes como los que se muestran en el dibujo de ejemplo. Recuerde que una línea radial (aquella que pasa por el centro del círculo) es perpendicular a la línea en el punto de tangencia.





Ejemplo





Ejemplo

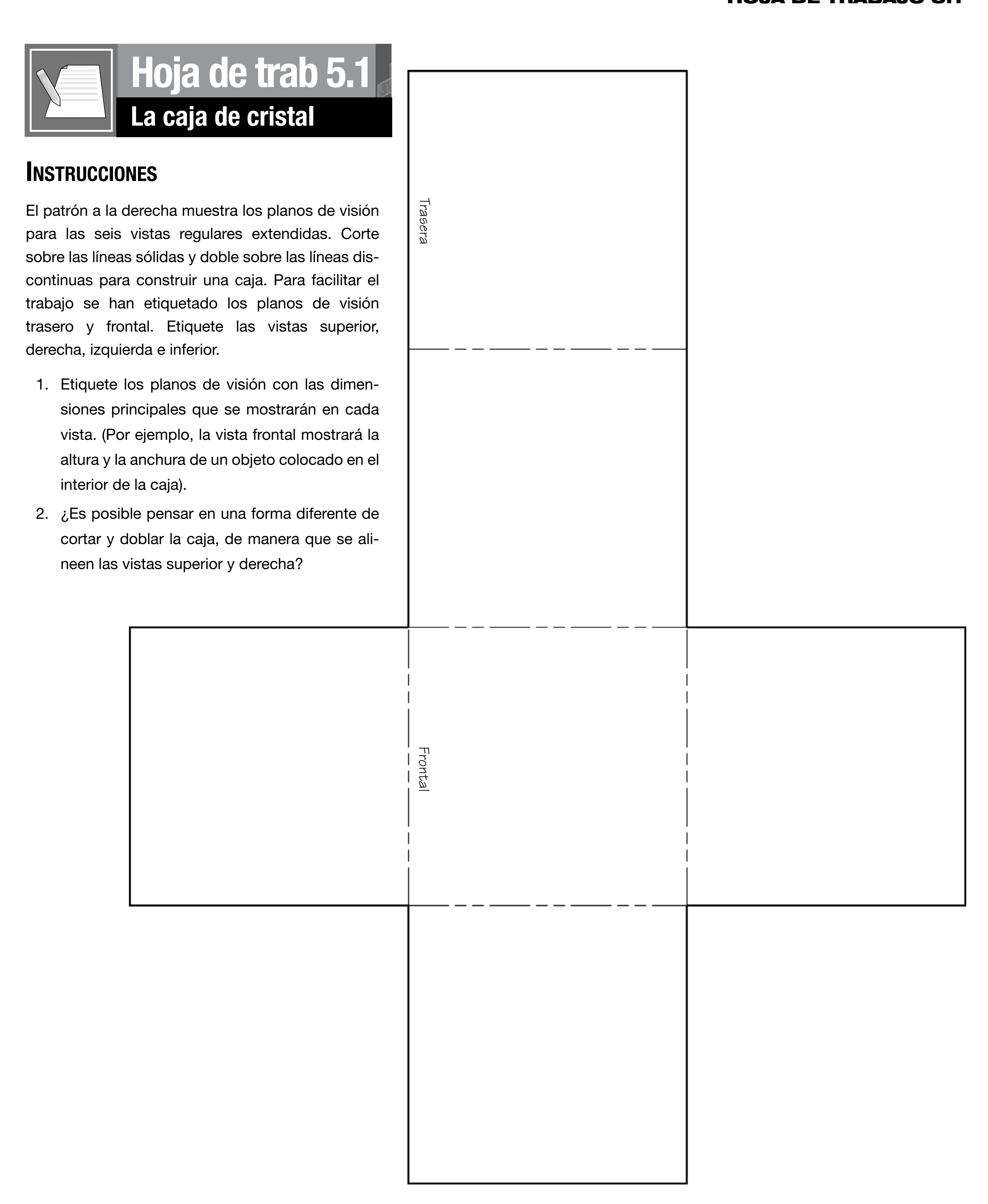
Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.

Hoja de trab 5.1
La caja de cristal

INSTRUCCIONES

El patrón a la derecha muestra los planos de visión para las seis vistas regulares extendidas. Corte sobre las líneas sólidas y doble sobre las líneas discontinuas para construir una caja. Para facilitar el trabajo se han etiquetado los planos de visión trasero y frontal. Etiquete las vistas superior, derecha, izquierda e inferior.

1. Etiquete los planos de visión con las dimensiones principales que se mostrarán en cada vista. (Por ejemplo, la vista frontal mostrará la altura y la anchura de un objeto colocado en el interior de la caja).
2. ¿Es posible pensar en una forma diferente de cortar y doblar la caja, de manera que se alineen las vistas superior y derecha?



Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 5.2

Transferencia de dimensiones de profundidad

A continuación se muestran dos vistas de un plano triangular proyectadas sobre la caja de cristal. Para facilitar el trabajo, se ha proyectado el vértice B en la vista lateral. Termine la proyección de los vértices A y C y dibuje la vista lateral del plano triangular. Corte y doble la "caja de cristal" para ayudarse a visualizar cómo transferir los vértices a la vista lateral. Corte una pieza triangular de papel del tamaño verdadero del triángulo y oriéntela dentro de la "caja de cristal".

B

A C

B

A C

B

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 5.3

Creación de bloques en un dibujo con vistas múltiples

A continuación se proporcionan líneas de construcción para ayudarlo a crear las vistas ortogonales de la parte mostrada. Muestre todos los elementos en cada vista. Oscurezca las líneas del dibujo final.

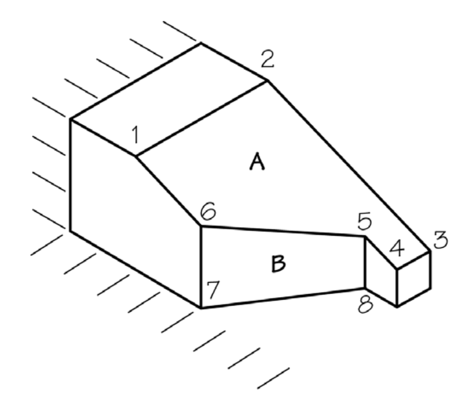
Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.

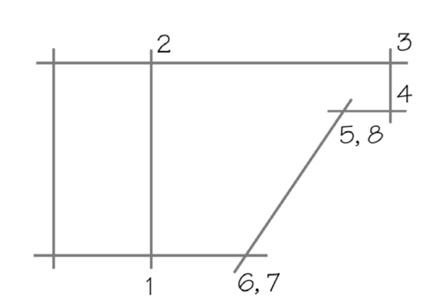


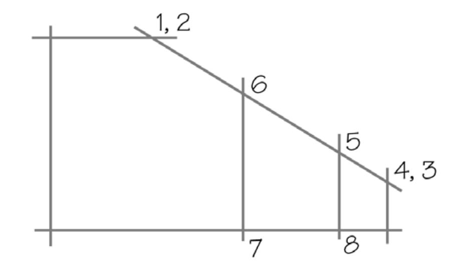
Hoja de trabajo 5.4

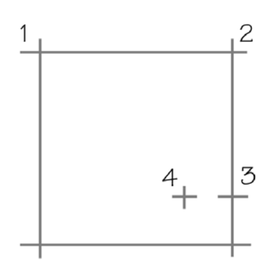
Proyección de superficies inclinadas

Se han dibujado líneas de construcción, como ayuda para bosquejar las vistas ortogonales del bloque que se muestra. La superficie B se muestra sobre su borde en la vista superior; la superficie A se muestra sobre su borde en la vista frontal. Termine de proyectar los puntos hacia la vista lateral y complete el dibujo en la vista lateral derecha. Oscurezca todas las líneas finales







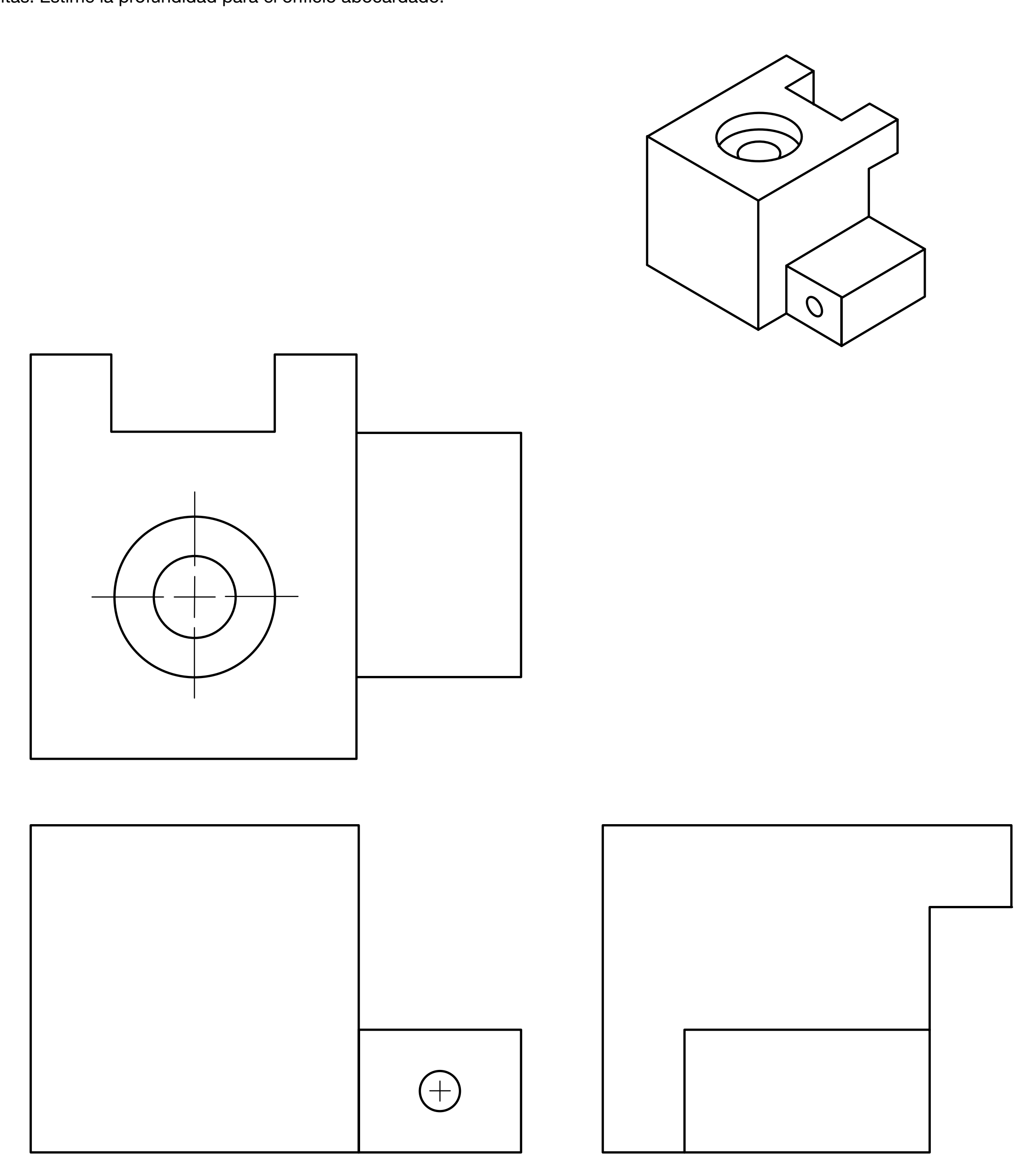


Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.

Hoja de trabajo 5.5

Práctica con líneas ocultas

Agregue líneas ocultas al dibujo de la parte que se muestra a continuación. Use una buena calidad de línea y la técnica adecuada de líneas ocultas. Estime la profundidad para el orificio abocardado.



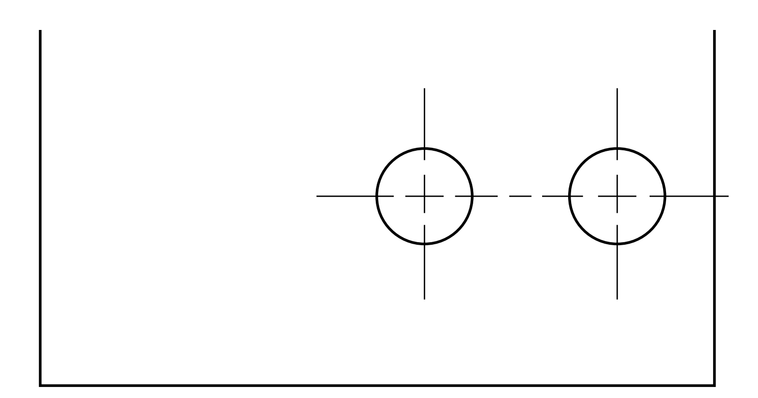
Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.

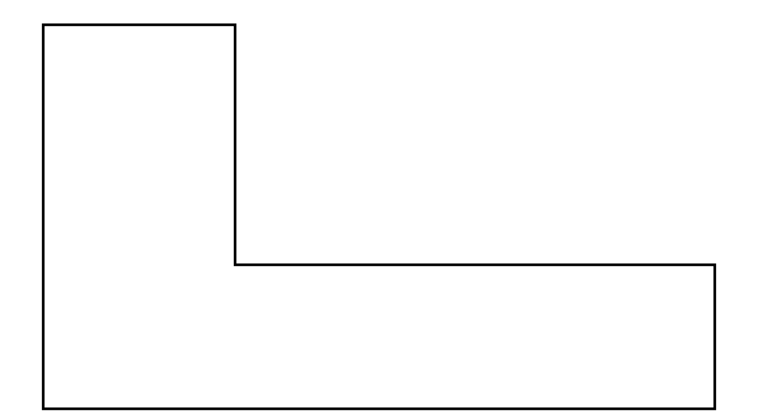


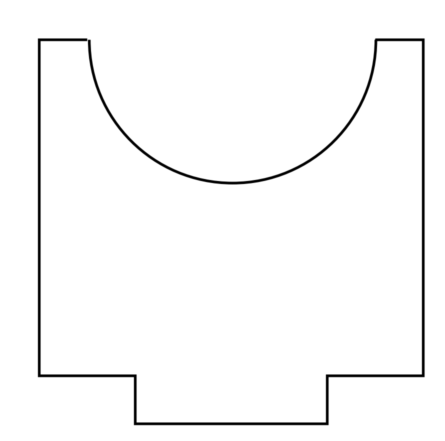
Hoja de trabajo 5.6

Práctica con líneas centrales

En las vistas que se muestran a continuación faltan algunas líneas. Agregue las líneas faltantes, incluyendo las líneas centrales. Use las prácticas adecuadas de líneas centrales.







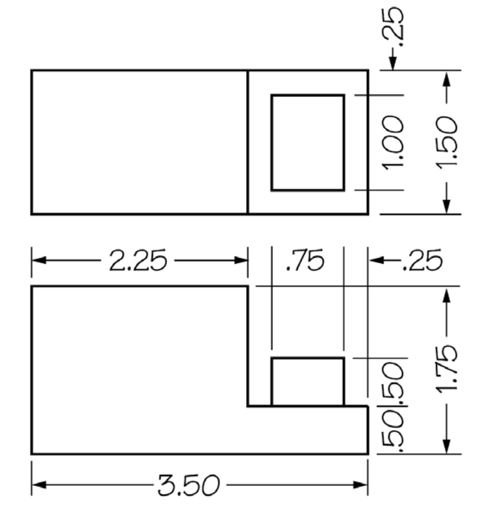
Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 6.1

Práctica inicial con dibujos pictóricos isométricos

Bosqueje un dibujo pictórico isométrico del objeto que se muestra en las vistas ortogonales. Para iniciar con la práctica se proporciona un bloque con las dimensiones globales correctas.



Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 6.2

Bosquejo de formas curvas en dibujos isométricos

Termine el bosquejo isométrico del objeto mostrado en las vistas ortogonales.

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 7.1

Bosquejo de una sección completa

Bosqueje la vista lateral derecha como una sección completa. Se muestra el plano cortante aunque en este caso no sea necesario. Utilice la cuadrícula como una ayuda para crear líneas de trama delgadas, a un ángulo de 45° y dibujadas entre las diagonales. Elabore tramas sobre las partes sólidas del objeto cortado a través del plano cortante. La vista lateral izquierda se muestra como una referencia para los elementos que se bosquejarán en la sección.

LATERAL IZQUIERDA

FRONTAL

SECCIÓN LATERAL DERECHA

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 7.2

Bosquejo de una sección media

Agregue la vista lateral derecha como una sección media. Asegúrese de utilizar una línea central para dividir las mitades seccionada y no seccionada. Observe la forma en que el plano cortante se desplaza para pasar a través del orificio. Mantenga en mente las prácticas para el seccionamiento de costillas y mallas. Como referencia, se presenta la vista lateral izquierda.

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 7.3

Creación de una sección alineada

Bosqueje una sección alineada para la vista lateral derecha. Observe que en la vista lateral izquierda los orificios se muestran girados sobre la línea central vertical. La vista lateral izquierda se proporciona como una referencia.

proyección

LATERAL IZQUIERDA

FRONTAL

SECCIÓN ALINEADA
LATERAL DERECHA

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 8.1

La vista auxiliar de la caja de cristal

Instrucciones:

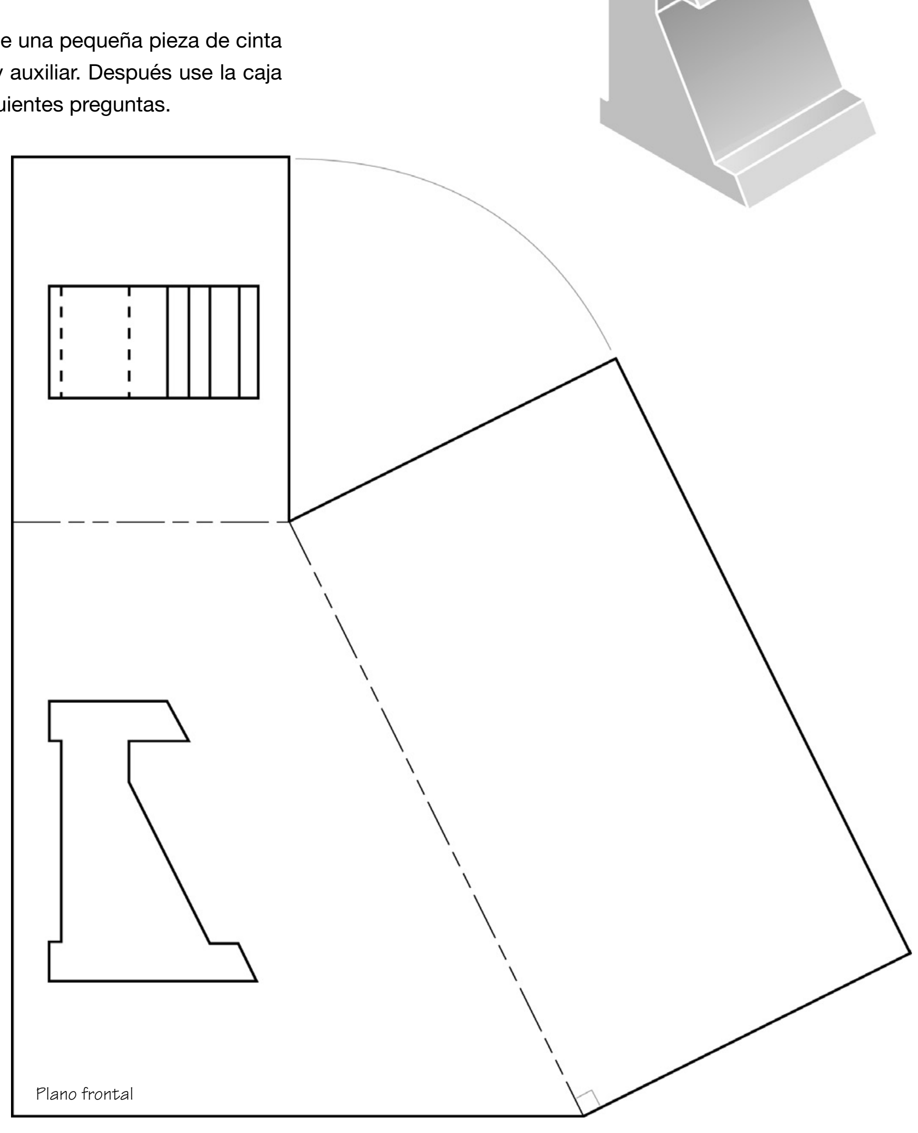
Corte la representación en papel de una caja de cristal con un plano de visión auxiliar, que se presenta en la parte baja de la página.

Escriba con claridad los nombres “plano horizontal”, “plano frontal”, y “plano auxiliar” sobre los planos apropiados. Etiquete los planos de visión con las dimensiones principales que se mostrarán en cada vista. (Por ejemplo, la vista frontal mostrará la altura y la anchura de un objeto colocado dentro de la caja).

Con base en las dos vistas mostradas, proyecte una vista auxiliar del objeto mostrado de manera ilustrativa a la derecha.

Doble sobre las líneas de pliegue y utilice una pequeña pieza de cinta para unir los planos de visión superior y auxiliar. Después use la caja como una ayuda para responder las siguientes preguntas.

1. ¿Por qué la dimensión de profundidad debe ser la misma en la vista superior y en la vista auxiliar?
2. ¿Por qué pueden dibujarse líneas de proyección entre la vista frontal y la vista auxiliar?
3. ¿Esta caja podría haberse cortado y doblado de un modo diferente de manera que pudiera proyectarse desde la vista superior?
4. ¿Cuántos otros planos de visión auxiliar podrían construirse para mostrar la dimensión de profundidad?
5. ¿Esta caja particular mostraría una vista auxiliar a tamaño verdadero para todos los objetos?



Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 8.2

Desarrollo de un prisma

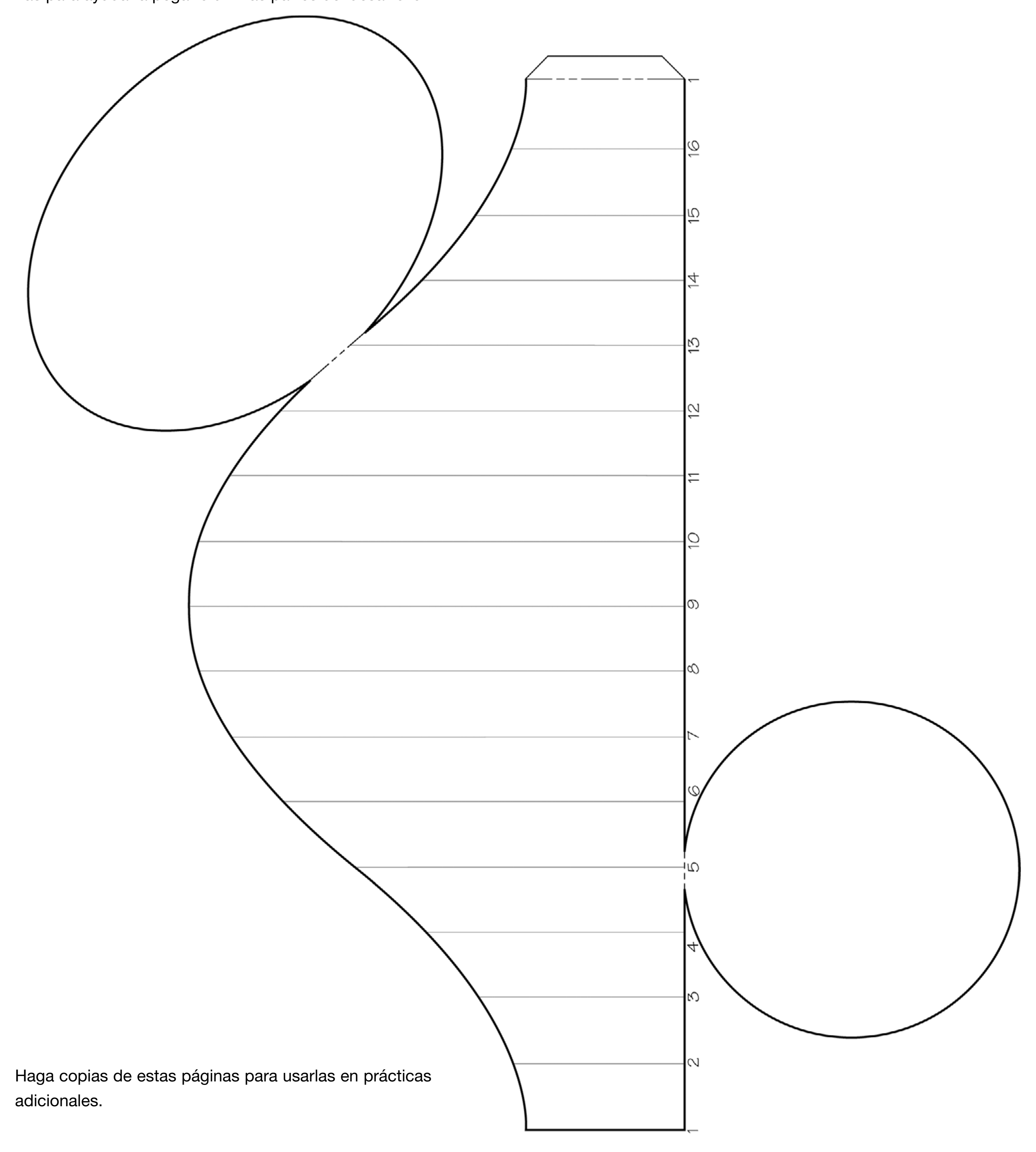
A continuación se muestra el desarrollo de un prisma que fue explicado en el Paso a paso 8.4. Para crear el prisma, corte sobre las líneas sólidas y doble sobre las líneas discontinuas. Se proporcionan pestañas para ayudar a pegar o unir las partes del desarrollo.

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.

Hoja de trabajo 8.3

Desarrollo de un cilindro

A continuación se muestra el desarrollo de un cilindro que fue explicado en la sección 8.28. Para crear el cilindro, corte sobre las líneas sólidas y doble sobre las líneas discontinuas. Se proporcionan pestañas para ayudar a pegar o unir las partes del desarrollo.



Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 9.1

Dimensionamiento

Agregue dimensiones a las vistas de los dibujos mostrados a continuación, utilice la técnica, la selección y la colocación adecuadas para las dimensiones. Utilice la cuadrícula como ayuda para determinar el tamaño de las dimensiones de los elementos. Determine los valores de dimensión mediante la medición de las vistas o al considerar el espaciado de la cuadrícula de 1/8". El dibujo está a escala completa. Utilice mediciones en pulgadas con dos posiciones decimales.



Hoja de trabajo 9.2

Dimensionamiento

En el siguiente dibujo faltan algunas líneas; agréguelas, mida el objeto y dimensiónelo en pulgadas con dos posiciones decimales. Éste se muestra a tamaño completo.

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Hoja de trabajo 9.3

Dimensionamiento

Mida el objeto en milímetros y dimensione al milímetro entero más cercano. El objeto se muestra sobre una cuadrícula de 5 mm.

Haga copias de estas páginas para usarlas en prácticas adicionales.



Guías para letreros

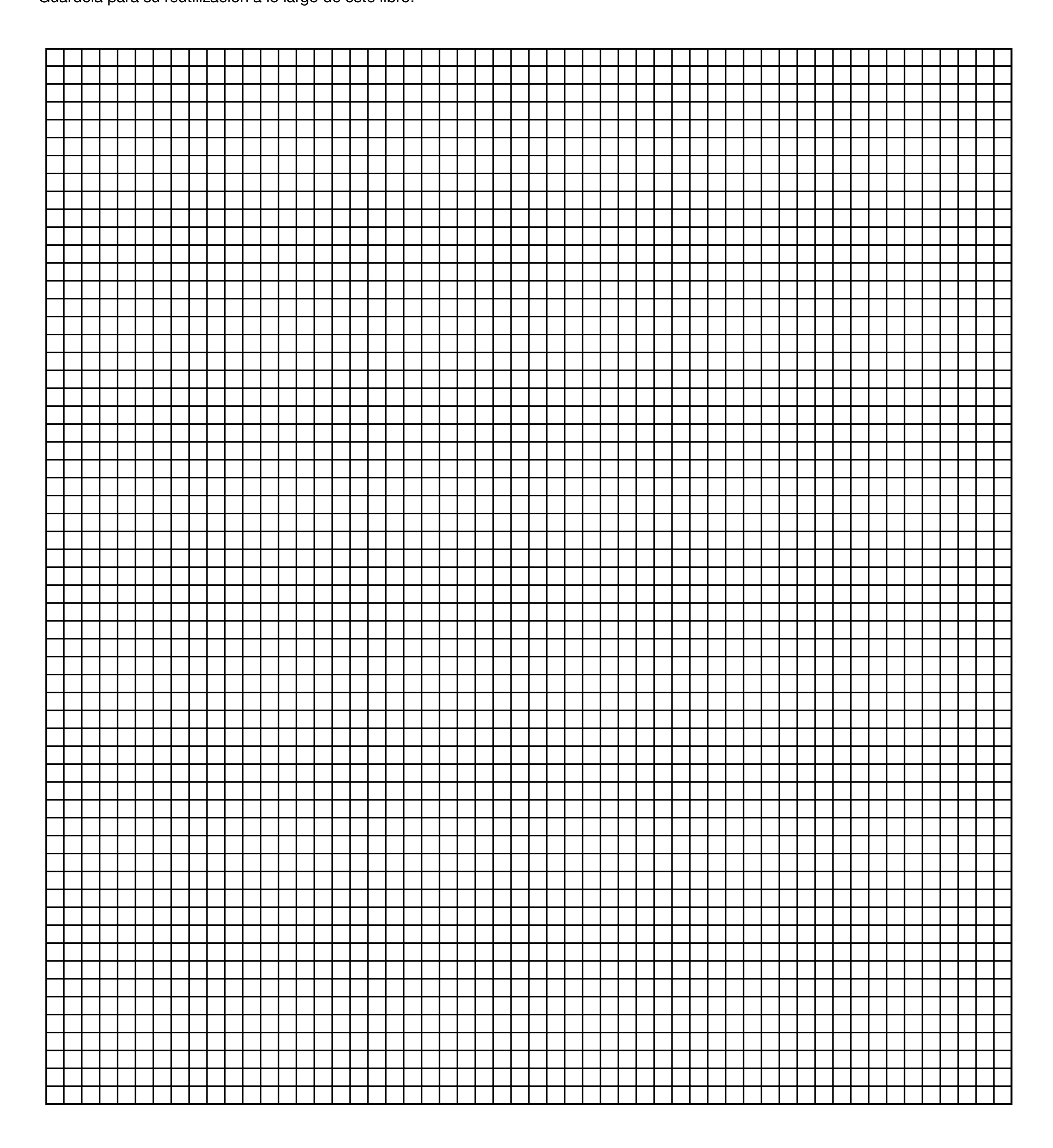
Letreros de 1/8 y 1/4 de pulgada

Separe esta hoja y utilícela como una guía debajo de papel en blanco.
Guárdela para su reutilización a lo largo de este libro.

Hoja cuadriculada

Cuadrícula de 1/8 de pulgada

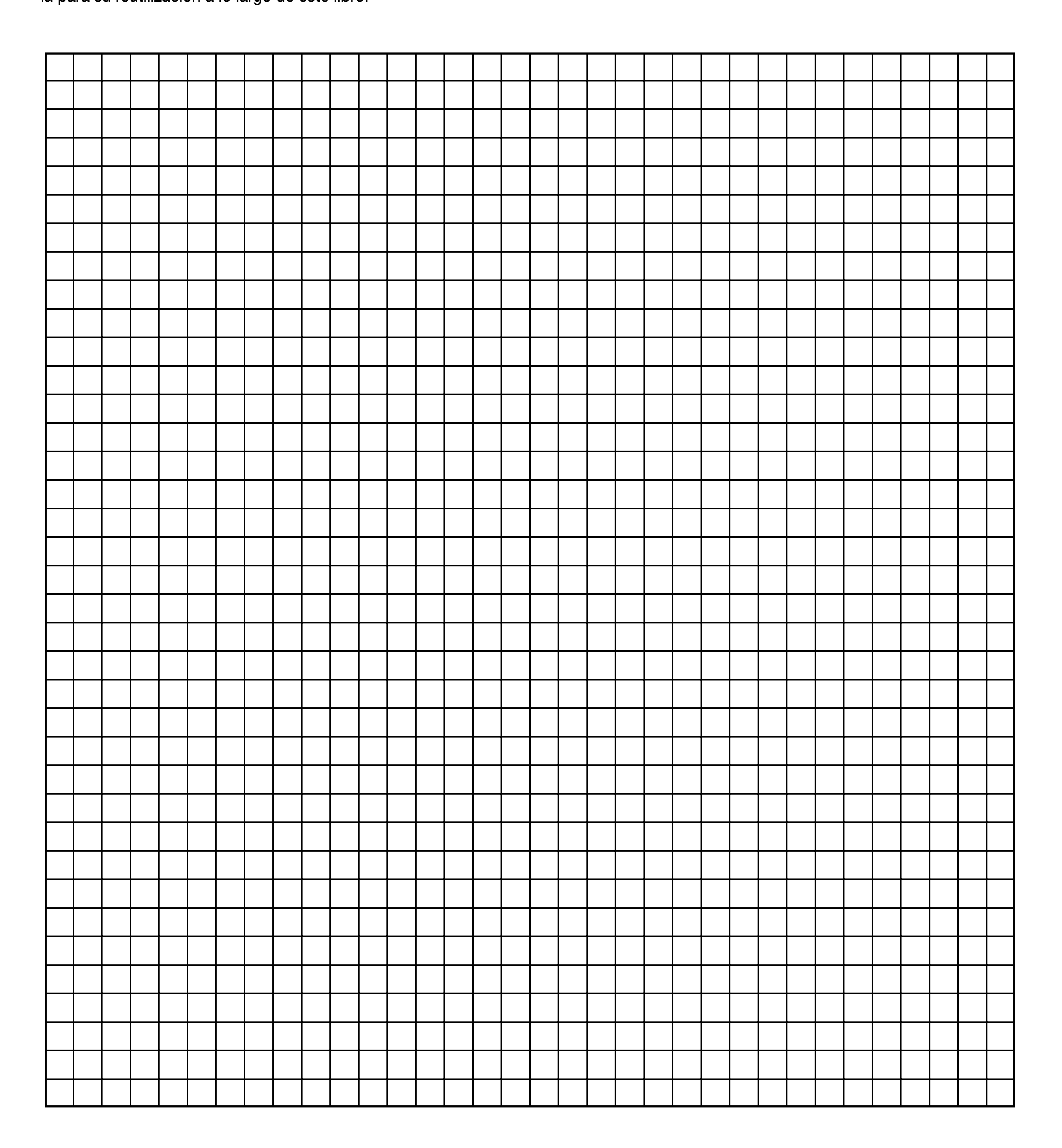
Separe esta hoja y utilícela como una guía debajo de papel en blanco.
Guárdela para su reutilización a lo largo de este libro.



Hoja cuadriculada

Cuadrícula de 5 milímetros

Separe esta hoja y utilícela como una guía debajo de papel en blanco. Guárdela para su reutilización a lo largo de este libro.

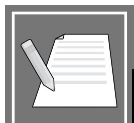




Hoja con malla isométrica

Malla isométrica de 1/8 de pulgada

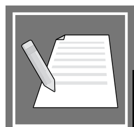
Separe esta hoja y utilícela como una guía debajo de papel en blanco. Guárdela para su reutilización a lo largo de este libro.



Hoja con malla isométrica

Malla isométrica de 1/4 de pulgada

Separe esta hoja y utilícela como una guía debajo de papel en blanco. Guárdela para su reutilización a lo largo de este libro.



Hoja con malla isométrica

Malla isométrica de 5 milímetros

Separe esta hoja y utilícela como una guía debajo de papel en blanco. Guárdela para su reutilización a lo largo de este libro.